

**FLECTRA versión profesor: Software Para el Procesamiento de Datos Experimentales Obtenidos de los Laboratorios de Resistencia de Materiales (compresión, tracción y flexión)**

**FLECTRA teacher version: Software for the Processing of Experimental Data Obtained from the Materials Resistance Laboratories (compression, traction and bending)**

**Daniel R. Beltran<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidad de Ibagué, Ibagué, Colombia

## **RESUMEN**

El procesamiento correcto de datos es fundamental para llegar a las conclusiones correctas en un proceso de investigación, en la actualidad no se contaba con un software capaz de determinar la confiabilidad en los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio del prototipo de maquina universal de la universidad de Ibagué, esta creciente necesidad se suple con FLECTRA, el software está habilitado para diseñar las características intrínsecas y extrínsecas de los moldes a ensayar así mismo es capaz de evaluar cualitativamente los resultados obtenidos en los ensayos de compresión, tracción y flexión diferenciándolos por sus características geométricas, tipo de falla, duración de ensayo, tipo de material, resistencia alcanzada, módulo de elasticidad y densidad de la probeta. En base a estos datos el software puede determinar la confiabilidad en cada ensayo y de igual forma hacer un pronóstico de los resultados que se obtendrán si se ensaya el mismo tipo de material tiempo después.

**Palabras clave:** Procesamiento, datos, software, ensayos, compresión, tracción, flexión, confiabilidad

## **ABSTRACT**

The correct prosecution of data is essential to reach the correct conclusions in a research process, at present there was no software capable of determining the reliability of the results in the tests of the prototype laboratory of the universal machine of the University of Ibagué, this Growing need is supplemented with FLECTRA, the software is enabled to design the intrinsic and extrinsic characteristics of the molds to be tested. It is also capable of qualitatively evaluating the results in compression, traction and bending tests, differentiating

them by their geometrical characteristics, type of failure, duration of the test, type of material, resistance reached, modulus of elasticity and density of the specimen. Based on these data, the software can determine the reliability in each test and the same way to make a forecast of the results that will be obtained in the same type of material later.

**Key words:** prosecution, datums, software, test, compression, traction, bending, reliability

## INTRODUCCION

¿Aciertan los profesionales –o estudiantes- en confiar en todos los resultados dados por la maquina universal de la universidad de Ibagué?, esto no seria aconsejable, en el laboratorio se pueden ocasionar errores humanos que adulterarían los resultados, entonces estos quedarían inhabilitados para obtener conclusiones en base a ellos, pero ¿cómo saber cuáles ensayos son aceptables y cuáles no?

El software FLECTRA fue probado en el prototipo de maquina universal de la universidad de Ibagué capaz de realizar ensayos a compresión y flexión en morteros livianos –capacidad máxima 2000 Newtons-, y realizar ensayos de tracción en metales como el aluminio, el bronce y el acero –capacidad máxima 20000 Newton- Flectra procesa los datos de estos ensayos, En el primero un cilindro de mortero liviano es expuesto ante cargas de compresión –la dirección de la carga es hacia adentro del cilindro- hasta lograr la ruptura de la probeta, en tanto en el segundo, una viga de mortero liviano es expuesta a una carga transversal hasta ocasionar su falla, y en el tercero un cilindro generalmente de cobre, aluminio o acero es expuesto a cargas de tracción – la dirección de la carga es hacia afuera del cilindro- hasta ocasionar su ruptura.

Estos ensayos generan gran cantidad de información, la cual debe almacenarse y estudiarse a detalle, en este punto nos podemos apoyar en las Tecnologías de información y comunicación (TIC), las cuales son el conjunto de procesos y productos derivados de las nuevas herramientas (*hardware* y *software*), soportes de la información y canales de comunicación, relacionados con el almacenamiento, procesamiento y transmisión digitalizada de la información <sup>(1)</sup>.

## **1. MATERIAL Y METODO**

### **1.1. Mantenimiento**

El software se ejecuta a través de cualquier versión de Excel, no es necesario estar actualizando el programa Excel.

### **1.2. Facilidad de uso**

El software es de uso fácil e intuitivo, está diseñado para ser usado por cualquier persona, sin importar que la misma a penas este iniciado en la informática, además el software guía al usuario a través de pasos para ingresar los datos correctamente, a lo que se suman 3 video tutoriales que permiten adaptarse a la interfaz de usuario.

### **1.3. Tipo de software**

El software de acuerdo a las libertades de su uso, puede ser clasificado como libre o propietario. Se ha adoptado como política del país la utilización del libre pues fomenta el desarrollo y la innovación tecnológica y rompe las ataduras con los grandes monopolios. Con el software libre se pueden obtener soluciones acordes a las necesidades de cada entidad y contar con el apoyo de una amplia comunidad que apuesta por el mismo. Según la definición de Free Software Foundation (FSF), este tipo de *software* permite a los usuarios ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar <sup>(2), (3)</sup>.

### **1.4. Lenguaje de Programación**

El programa Excel trae por defecto visual basic que es uno de los lenguajes de programación que utiliza interfaz visual, es decir que nos permite programar en un entorno gráfico, realizando un gran número de tareas sin escribir códigos, simplemente ejecutando operaciones con el ratón sobre la pantalla de la computadora además es un lenguaje muy apropiado para el manejo de bases de datos. Muchas empresas lo utilizan para la gestión de sus bases de datos porque su uso es sencillo y abundan los programadores de este lenguaje <sup>(4)</sup>.

### **1.5. Base de datos**

Microsoft Excel

## **1.6. Portabilidad**

El software se ejecuta por medio de Excel, el mismo se puede enviar por correo electrónico o sincronizar con alguna nube como drive.

## **1.7. Seguridad y Confiabilidad**

El código del software está bloqueado por lo que no permite realizar algún cambio, de esta forma solamente se podrán ingresar datos y extraer los resultados a través de archivos .docx

El software cuenta con un alto grado de confiabilidad, pues ha sido sometido a múltiples ensayos, arrojando excelentes resultados.

## **1.8. Hardware**

Microsoft Excel requiere por lo menos de 256 megabytes (MB) de memoria de acceso aleatorio (corresponde a las siglas en inglés RAM) al igual que por alrededor de 1,5 gigabytes (GB) de espacio libre en el disco duro

# **2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **Interfaz de Usuario**

El diseño de la interfaz de la aplicación se realizó priorizando los principios de la sencillez, flexibilidad y amigabilidad <sup>(5)</sup>, El software cuenta con nueve interfaces así:

- 2.1. la primera interfaz permite elegir al usuario entre diseñar o evaluar las probetas (figura 1 )



Figura 1 Primera interfaz. Fuente: El autor

2.2. La segunda interfaz permite determinar que ensayo se desea diseñar o evaluar (figura 2 )



Figura 2 Segunda interfaz. Fuente: El autor

2.3. La tercera interfaz se pueden ingresar los datos obtenidos en el ensayo de compresión (Figura 3)

**INGRESO DE DATOS**

(\*) dato de ingreso obligatorio

<p><b>Diametros*</b></p> <input style="width: 80%;" type="text"/> mm <input style="width: 80%;" type="text"/> mm <p style="text-align: right;"><a href="#">Ayuda sobre diametros</a></p>	<p><b>Fecha y Fractura</b></p> <p>Fecha <input style="width: 50%;" type="text"/> (dd/mm/año)</p> <p>Edad del especimen (dias) <input style="width: 40%;" type="text"/></p> <p>Nº tipo de fractura <input style="width: 40%;" type="text"/> <a href="#">Modelos tipicos de fractura</a></p> <p>Temperatura °C <input style="width: 50%;" type="text"/> <a href="#">Ayuda sobre temperatura</a></p>
<p><b>Alturas*</b></p> <input style="width: 80%;" type="text"/> mm <input style="width: 80%;" type="text"/> mm <input style="width: 80%;" type="text"/> mm <p style="text-align: right;"><a href="#">Ayuda sobre alturas</a></p>	<p><b>Fuerzas y tiempo</b></p> <p>Carga inicial* <input style="width: 40%;" type="text"/> Newton</p> <p>Carga maxima* <input style="width: 40%;" type="text"/> Newtons</p> <p>Duracion del ensayo <input style="width: 40%;" type="text"/> Segundos</p>
<p><b>Pesos y Densidad del especimen</b></p> <p>Peso seco <input style="width: 40%;" type="text"/> gramos</p> <p>peso sumergido (opcional) <input style="width: 40%;" type="text"/> gramos</p> <p>Densidad del agua (opcional) <input style="width: 40%;" type="text"/> Kg/m3</p> <p style="text-align: center;"><a href="#">Procedimiento</a></p>	<p style="text-align: center;"><a href="#">Agregar otro ensayo</a></p> <p style="text-align: center;"><a href="#">Mostrar resultados</a></p> <p style="text-align: center;"><a href="#">Volver al menu</a></p>
<p><a href="#">Agregar Fuerza-Deformación para este ensayo</a></p>	

*Figura 3 Formulario de compresión*

2.4. La interfaz número cuatro, tiene como propósito ingresar los datos de fuerza-deformación obtenidos en el ensayo (Figura 4)

**Fuerza - deformación**

	Fuerza (N)	Deformación (mm)																				
<p>Ingrese aqui la deformación y la fuerza para T = 0, Luego ingrese en las columnas a la derecha la fuerza y la deformación para t&gt;0</p> <p>Fuerza (N) <input style="width: 60%;" type="text"/></p> <p>Deformación (mm) <input style="width: 60%;" type="text"/></p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;">1</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> <tr><td style="border: 1px solid gray; height: 20px;"></td></tr> </table>	1																				<p><a href="#">Agregar Datos</a></p> <p><a href="#">No Agregar Los Datos</a></p>
1																						

*Figura 4 Fuerza-deformación. Fuente: El autor*

2.5. En la quinta interfaz se pueden ingresar los datos obtenidos en el ensayo de tracción (Figura 5)

**Traccion** (\*) dato de ingreso obligatorio

**Seccion Rectangular**

**Seccion Rectangular antes de la falla**  
 Base  mm  
 Altura  mm

**Seccion Rectangular Despues de la falla\***  
 Base  mm  
 Altura  mm

**Fecha**  
 Fecha  (dd/mm/año)

**Seccion Circular**

**Seccion Circular antes de la falla\***  
 Diametro  mm

**Seccion circular Despues de la falla\***  
 Diametro  mm

Ver Bosquejo      Fuerza-Deformacion

Carga inicial\*  Newton      Lo  mm      Lg (longitud critica de grieta)  mm  
 Carga maxima\*  Newtons      Lu  mm  
 Duracion del ensayo  Segundos      Le  mm      Trabajo aproximado de fractura  Julios/m2

Agregar otro ensayo  
 Mostrar resultados  
 Volver al menu

Figura 5 Formulario de tracción. Fuente: El autor

2.6. La interfaz sexta se pueden ingresar los datos obtenidos en el ensayo de tracción (Figura 6)

**flexion1** (\*) dato de ingreso obligatorio

**Geometria de la viga\***

Luz libre  mm  
 Longitud total  mm

**Area transversal**

Base 1  mm      Altura 1  mm  
 Base 2  mm      Altura 2  mm  
 Base 3  mm      Altura 3  mm

**Resistencia a compresion\***  
 Resistencia  Mpa

**Pesos y Densidad del especimen**

Peso seco  gramos  
 peso sumergido (opcional)  gramos  
 Densidad del agua (opcional)  Kg/m3  
 Procedimiento

**Fecha y Fractura**

Fecha  (dd/mm/año)  
 Edad del especimen (dias)   
 Temperatura °C       Ayuda sobre temperatura

**Fuerzas y tiempo**

Carga inicial\*  Newton  
 Carga maxima\*  Newtons  
 Duracion del ensayo  Segundos

Agregar Fuerza-Deformacion para este ensayo

Agregar otro ensayo  
 Mostrar resultados  
 Volver al menu

Figura 6 Formulario de flexión. Fuente: El autor

2.7. En la séptima interfaz se permite introducir los datos para diseñar la probeta, que se ensayará a compresión (figura 8)

Diseño Compresion

**En esta ventana puede ingresar: el esfuerzo que desea alcanzar  
ò el diametro del molde del que dispone**

(\*) dato de ingreso obligatorio

Resistencia :  Mpa    **ó**

Nota: la minima resistencia es de 10Mpa

**Geometria**

**Geometria Circular**

Diametro :  mm

**Geometria Rectangular**

Base :  mm

Altura :  mm

Nota: La fuerza maxima que genera la maquina es de 4000 N

Dias a los que se va a realizar el ensayo\* :   
(se recomienda minimo a los 7 dias)

Temperatura media (grados centigrados)\* :   
(para ibague se recomienda 23.2º)

Numero de especimenes\* :   
(minimo 1)

Figura 7 Formulario diseño de probetas a compresión. Fuente: El autor

- 2.8. La octava interfaz se permite introducir los datos para diseñar la probeta, que se ensayará a tracción (figura 8)

Diseño a traccion

Probeta proporcional normal- Es una probeta para la cual la relacion  $L_0 / (S_0)^{1/2}$  es igual a 5.65

Area de la seccion transversal (S<sub>0</sub>):  mm<sup>2</sup>

Figura 8 Formulario diseño de probetas a tracción. Fuente: El autor

- 2.9. La novena interfaz se permite introducir los datos para diseñar la probeta, que se ensayará a flexión (figura 9)



Diseño a Flexión

**En esta ventana puede ingresar: el esfuerzo que desea alcanzar  
ò la geometría de la que dispone**

(\*) dato de ingreso obligatorio

Fuerza aplicada en (N)

Esfera de soporte

Luz libre, (L)

Luz libre + 50 mm

Variable (b)

Luz libre :  mm

**Sección transversal**

Base :  mm

Resistencia a compresión :  Mpa **ó**

Nota: la mínima resistencia es de 10Mpa

Días a los que se va a realizar el ensayo\* :   
(se recomienda mínimo a los 7 días)

Temperatura media (grados centigrados)\* :   
(para ibague se recomienda 23.2°)

Numero de especímenes\* :   
(mínimo 1)

ACEPTAR

TABLA DE DOSIFICACIONES

Volver al menu

Nota 1: La longitud máxima es de 35 cm y la mínima es de 30 cm

Nota 2: La fuerza máxima que genera la máquina es de 4000 N

Figura 9 Formulario diseño de probetas a flexión. Fuente: El autor

### 3. Principales Funcionabilidades

#### 3.1. Diseño de las probetas

El software está habilitado para diseñar las características intrínsecas y extrínsecas a detalle de cada probeta y la evolución de la resistencia a través del tiempo así como la cantidad de material que se requiere para la mezcla de mortero para los ensayos de compresión y flexión

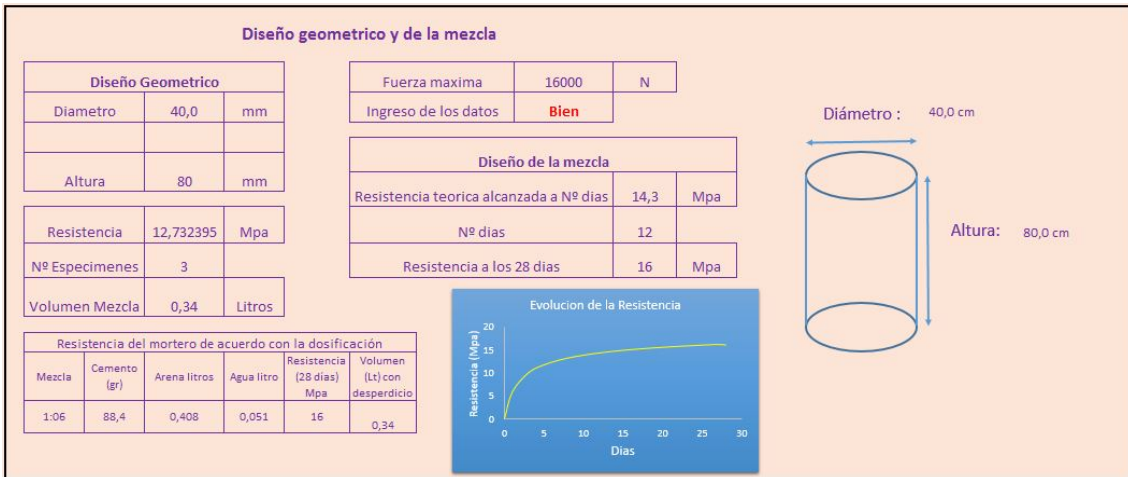


Figura 10 resultado del diseño de una probeta para ensayar a compresión.

Fuente: El autor

En la figura 10 se observa el diseño de una probeta de mortero para ensayar a compresión tomando como fuerza máxima 4000 Newton –la fuerza máxima a compresión del prototipo maquina universal de la universidad de Ibagué-

### 3.2. Determinar el módulo de elasticidad

El software dibuja la gráfica esfuerzo-deformación y así calcula la pendiente de la recta para cada ensayo (figura 11), luego puede comparar entre las diferentes graficas de esfuerzo deformación, (figura 12).

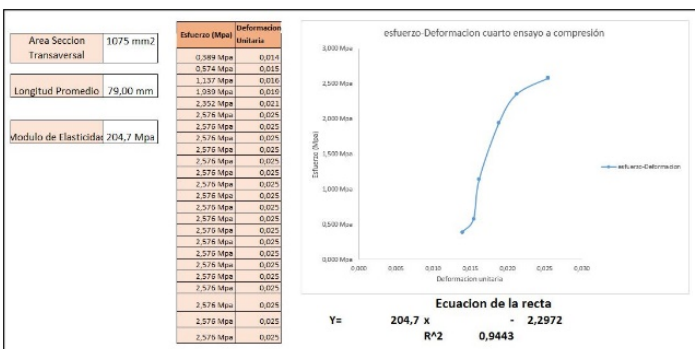


Figura 11 grafica esfuerzo deformación con la línea de tendencia. Fuente: El autor

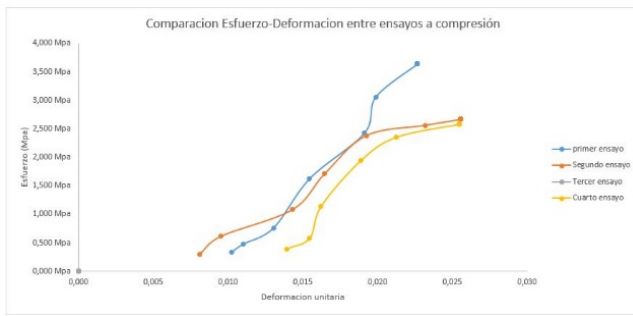


Figura 12 comparación esfuerzo-deformación entre ensayos a compresión

### 3.3. Normalización de los resultados de cada ensayo

El software organiza los resultados de cada ensayo y los normaliza con las normas I.N.V. E y N.T.C. para determinar si están en concordancia las normas y muestra los resultados más importantes como es el esfuerzo normal, la evolución de la resistencia, la deformación elástica máxima alcanzada, la resiliencia del material y la energía almacenada (figura 13)

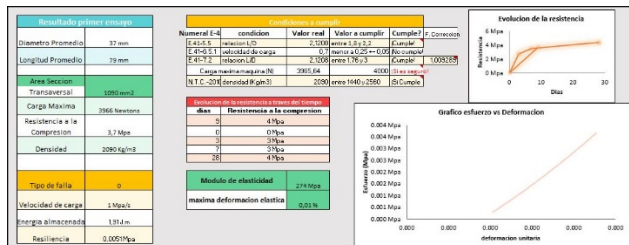


Figura 13 resultado general. Fuente: El autor

### 3.4. Integración de los resultados

EL software puede mostrar la consolidación de los resultados para cada ensayo (figura 14)

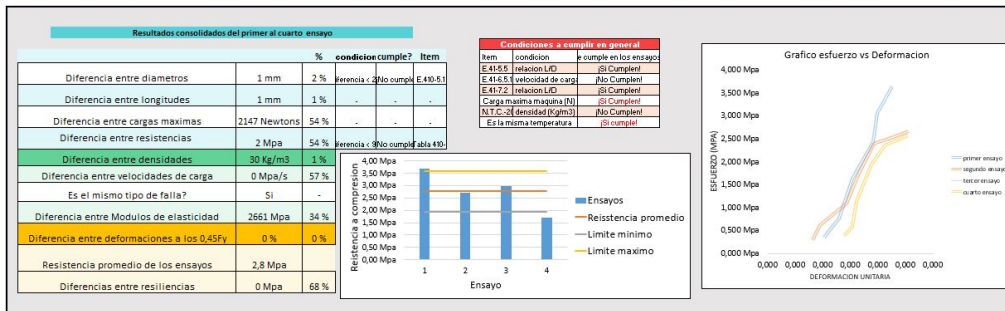


Figura 14 integración de los resultados. Fuente: El autor

En este apartado se determina si existe algún ensayo fuera de los límites de una forma gráfica (figura 15)

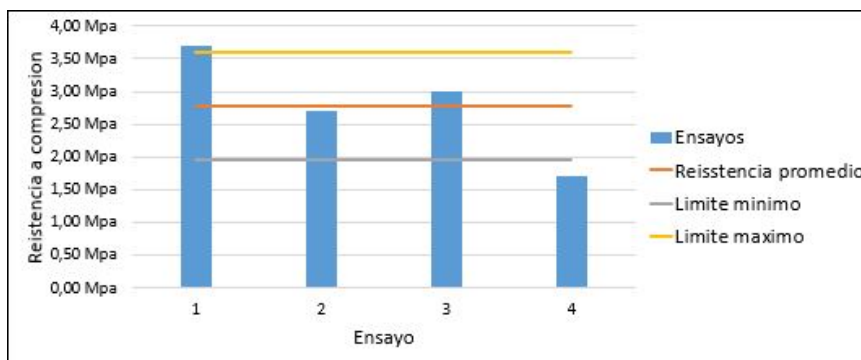


Figura 15 límite mínimo y máximo de los resultados. Fuente: El autor

Se recomienda no utilizar para las conclusiones los ensayos que se encontraron fuera de los límites permitidos, el software es capaz de evaluar un máximo de 30 ensayos entre compresión, flexión y tracción.

### 3.5. Formato de salida de los reportes

Los reportes de un software son una herramienta que expone un conjunto de datos en pantalla, con el fin de que los usuarios los pueda almacenar e imprimir para revisar en cualquier momento, se puede exportar los resultados a Microsoft Word

### 3.6. Tratamiento de errores

El software muestra varios resultados de forma gráfica, aclarando los límites máximos y mínimos con lo que se le facilita al usuario detectar un error al ingresar

los datos, además el sistema muestra varias tablas diferenciado características intrínsecas entre los ensayos con lo que también se facilita detectar un error.

Con el software FLECTRA el usuario cuenta con una herramienta que no existía hasta este momento, para verificar el correcto desarrollo de las pruebas de laboratorio y así incrementar su confianza en las conclusiones a la que llego.

El usuario también cuenta con una estandarización de los resultados en general para las pruebas de (compresión, flexión y tracción)

#### **4. CONCLUSIONES**

Este software facilita la sistematización de los resultados de laboratorio y por medio de graficas ayuda a la comprensión del fenómeno estudiado, así como logra identificar cuales ensayos del laboratorio están fuera de los parámetros permitidos por las normas N.T.C. e I.N.V. E 2012 dando un mayor grado de confianza al usuario para determinar que ensayos fueron realizados correctamente, finalmente el software se puede adaptar a otros ensayos de la materia RESISTENCIA DE MATERIALES

#### **5. BIBLIOGRAFIA**

(1). Díaz, L. J.; Pérez, G. A. y Florido, B. R. “Impacto de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) para disminuir la brecha digital en la sociedad actual”. *Cultivos Tropicales*, vol. 32, no. 1, pp. 81-90, marzo de 2011.

(2). Oyervides, Z. G. G.; Medina, Z. M. G. y Gómez, R. A. R. “Software Libre, Alternativa Innovadora en la Educación Pública”. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 2013, [Consultado: 02.10.2018], Disponible en: <http://ride.org.mx/1-11/index.php/RIDSESECUNDARIO/article/download/576/564>>

(3). Soler, G. R. y Oñate, A. M. A. “Cuadro de Mando ODUN: una Herramienta en Software Libre para la Gestión Empresarial”. *Revista Ciencia UNEMI*, vol. 8, no. 11, 2014, pp. 81–87,

(4). Felipe, U.; Perez, G. “*Lenguaje de Programación Visual Basic*”, 2015, [Consultado: 02.10.2018], Disponible en: <http://www.larevistainformatica.com/lenguaje-programacion-viasual-basic.htm>

