

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**MODERNIZACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO DE LA
MÁQUINA INSTRON SERIES X AUTOMATED MATERIAL TESTING
SYSTEM**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

DAVID ALEJANDRO VILLACÍS PROAÑO
david.alejandro.villacis@gmail.com

DIRECTOR: ING. ANA VERÓNICA RODAS BENALCÁZAR
ana.rodas@epn.edu.ec

Quito, Enero 2012

DECLARACIÓN

Yo, David Alejandro Villacís Proaño, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

David Alejandro Villacís Proaño

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por David Alejandro Villacís Proaño, bajo mi supervisión.

ING. ANA RODAS
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Ing. Ana Rodas sin su acertada dirección no hubiera sido posible la culminación del presente proyecto.

Al Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros, en especial a la Tnlga. Elizabeth Venegas y al Ing. Francisco Quiroz por su ayuda durante el desarrollo y las pruebas del presente proyecto.

A ti Andrea gracias por todo el apoyo y motivación que me has brindado.

A mis amigos por la compañía durante todos estos años.

DEDICATORIA

A mi Señor Jesucristo,
a mis padres Luis y Marianela,
a mi hermana Diana,
son el soporte de mi vida.

CONTENIDO

CAPÍTULO I

FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA INSTRON SERIES X AUTOMATED MATERIAL TESTING SYSTEM

1.1.- INSTRON SERIES X AUTOMATED MATERIAL TESTING SYSTEM.....	1
1.2.- PROBLEMAS EN LA MÁQUINA	11
1.3.- PROYECTO A DESARROLLAR	12

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

2.1.- INTRODUCCIÓN A LAS METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE	13
2.1.1.- METODOLOGÍAS TRADICIONALES.....	14
2.1.2.- METODOLOGÍAS ÁGILES	14
2.3.- PROGRAMACIÓN EXTREMA (XP)	16
2.3.1.- PROCESO DE PROGRAMACIÓN EXTREMA	16
2.4.- LENGUAJE UNIFICADO DE MODELADO (UML).....	17
2.5.- HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE	17
2.5.2.- INFRAESTRUCTURA QT	19
2.5.3.- LIBRERÍA PYQT	20
2.5.4.- LIBRERÍA PYVISA.....	20
2.5.5.- LIBRERÍA NUMPY	21
2.5.6.- LIBRERÍA SCIPY	21
2.5.7.- LIBRERÍA MATPLOTLIB.....	22
2.5.8.- LIBRERÍA PYEXCELERATOR	22
2.5.9.- BASE DE DATOS SQLITE.....	23
2.5.10.- GENERADOR DE INSTALADORES INNO SETUP	23
2.5.11.- GENERADOR DE DOCUMENTACIÓN DOXYGEN.....	23

2.5.12.- ECLIPSE IDE	24
----------------------------	----

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DEL PROTOCOLO Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

3.1.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	25
3.1.1.- DIAGRAMA DE BLOQUES INICIAL	25
3.1.1.- DIAGRAMA DE BLOQUES FINAL.....	26
3.2.- BUS GPIB.....	26
3.3.- ARQUITECTURA DE SOFTWARE PARA INSTRUMENTOS VIRTUALES (VISA).....	27
3.4.- APLICACIÓN INSTRON1011AMTS.....	28
3.5.- EQUIPO GPIB ESCOGIDO.....	28
3.5.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA TARJETA ESCOGIDA.....	29
3.6.- MODELO DE INTERCAMBIO INSTRON (CONTROL GPIB).....	30
3.6.1.- MENSAJES DE PROGRAMA	31
3.6.1.1.- Cabeceras.....	33
3.6.1.1.1-Cabecera K.....	33
3.6.1.1.2-Cabecera R	34
3.6.1.1.3-Cabecera L.....	34
3.6.1.1.4-Cabecera T.....	34
3.6.1.1.5-Cabecera M.....	35
3.6.1.2.- Transmisión de Mensajes de Programa.....	35
3.6.1.3.- Comandos de Programa	36
3.6.1.3.1-Comandos de Acción.....	36
3.6.1.3.2-Comandos de Parámetros.....	36
3.6.1.4.- Comandos de Petición de Reportes	37
3.6.1.4.1-Comando Básico	37
3.6.1.4.2-Comando Modificado.....	37
3.6.1.5.- Mensajes de Medición	38
3.6.1.5.1-Estructura Del Mensaje	38
3.6.1.5.3-Muestreo.....	39
3.7.- ESPECIFICACIONES DE REQUERIMIENTOS.....	40
3.7.1.- INTRODUCCIÓN	40

3.7.2.-	ÁMBITO	40
3.7.3.-	USUARIOS	41
3.7.4.-	ESPECIFICACIONES FUNCIONALES.....	41
3.7.5.-	DIAGRAMAS UML	43
3.7.5.1.-	Casos de Uso	43
3.7.5.1.1.-	<i>Configurar Tipo de Prueba.....</i>	43
3.7.5.1.2.-	<i>Configurar Geometría</i>	45
3.7.5.1.3.-	<i>Configurar Velocidad</i>	47
3.7.5.1.4.-	<i>Configurar Fin De Experimento.....</i>	49
3.7.5.1.5.-	<i>Configurar Detener Experimento</i>	50
3.7.5.1.6.-	<i>Configurar Tasa De Muestreo.....</i>	52
3.7.5.1.7.-	<i>Configurar Reportes.....</i>	53
3.7.5.1.8.-	<i>Configurar Gráficos.....</i>	56
3.7.5.1.9.-	<i>Configurar Cálculos</i>	58
3.7.5.1.10.-	<i>Configurar Parámetros De Cálculos</i>	59
3.7.5.1.11.-	<i>Ejecutar Prueba</i>	61
3.7.5.1.12.-	<i>Guardar Prueba</i>	62
3.7.5.1.13.-	<i>Abrir Prueba.....</i>	63
3.7.5.1.14.-	<i>Imprimir Resultados</i>	64
3.7.5.1.15.-	<i>Exportar Resultados</i>	65

CAPÍTULO IV

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN

4.1.-	MODELO DEL SISTEMA	66
4.1.1.-	DIAGRAMA DE CLASES	66
4.1.1.1.-	Clase Instron1011AMTSClass	66
4.1.1.2.-	Clase Ui_Instron1011AMTSClass.....	68
4.1.1.3.-	Clase DialogoOperador.....	69
4.1.1.4.-	Clase DialogoReporte	69
4.1.1.5.-	Clase DialogoInterfaces	69
4.1.1.6.-	Clase DialogoCreditos	70
4.1.1.7.-	Clase SelectorPuntos.....	70
4.1.1.8.-	Clase PlotterTiempoReal	70

4.1.1.9.- Clase Ui_DialogoCreditos	71
4.1.1.10.- Clase Ui_DialogoInterfaces	71
4.1.1.11.- Clase Ui_DialogoReporte	72
4.1.1.12.- Clase Ui_OperatorDialog	72
4.1.1.9.- Diagrama de Clases.....	73
4.1.2.- DIAGRAMAS DE SECUENCIA	74
4.1.2.1.- Configurar Tipo de Prueba.....	74
4.1.2.2.- Configurar Geometría	75
4.1.2.3.- Configurar Velocidad.....	75
4.1.2.4.- Configurar Fin de Experimento	76
4.1.2.5.- Configurar Detener Experimento	76
4.1.2.6.- Configurar Tasa de Muestreo	77
4.1.2.7.- Configurar Reportes.....	77
4.1.2.8.- Configurar Gráficos	78
4.1.2.9.- Configurar Cálculos.....	78
4.1.2.10.- Configurar Parámetros de Cálculos	79
4.1.2.11.- Ejecutar Prueba	80
4.1.2.12.- Guardar Prueba	80
4.1.2.13.- Abrir Prueba	81
4.1.2.14.- Imprimir Resultados	81
4.1.2.15.- Exportar Resultados.....	82
4.1.3.- DIAGRAMA DE NAVEGACIÓN	83
4.1.4.- DIAGRAMAS DE CÁLCULOS	84
4.1.4.1.- Definición de Estrés	84
4.1.4.2.- Definición de Deformación	85
4.1.4.3.- Ley de Hooke.....	87
4.1.4.4.- Zonas de la curva estrés-deformación	88
4.1.4.5.- Cálculos de Estrés y Deformación en pruebas de flexión.....	89
4.1.5.6.- Cálculo de Carga en un Punto	91
4.1.5.7.- Cálculo de Desplazamiento en un Punto	92
4.1.5.8.- Cálculo de la Deformación en un Punto.....	93
4.1.5.9.- Cálculo de Porcentaje de Deformación en Punto.....	95
4.1.5.5.- Cálculo de Porcentaje de Deformación Normalizada en Punto..	96

4.1.5.10.- Cálculo del Estrés en un Punto	97
4.1.5.11.- Cálculo Máxima Carga	100
4.1.5.12.- Cálculo Máximo Desplazamiento	101
4.1.5.13.- Cálculo del Punto de Rotura	102
4.1.5.14.- Cálculo de Módulos.....	106
4.1.5.14.1.-Módulo de Cuerda	106
4.1.5.14.2.-Módulo Secante.....	109
4.1.5.14.3.-Módulo Tangente.....	112
4.1.5.14.4.-Módulo Young.....	114
4.1.5.14.5.-Calculo Línea Aproximada.....	118
4.1.5.14.6.-Buscar Región Lineal.....	120
4.1.5.15.- Cálculos a Compensación.....	124
4.1.5.15.1.-Calculo Recta Compensada	125
4.1.5.15.2.-Calculo Punto Compensación.....	126
4.1.5.16.- Cálculo de Energía.....	127
4.1.5.16.1.-Energía a Compensación	127
4.1.5.16.2.-Energía a Rotura.....	129
4.2.- MENÚS PRESENTADOS.....	130
4.2.1.- SUBMENÚ PRINCIPAL.....	130
4.2.1.1- Etiqueta y Descripción del Método	131
4.2.1.2- Sistema de Unidades	131
4.2.1.3- Control de Instrumento	133
4.2.2.- SUBMENÚ ESPÉCIMEN.....	134
4.2.2.1- Tipo de Espécimen.....	134
4.2.2.2- Geometría	135
4.2.2.3- Longitud de Galga	136
4.2.2.4- Span.....	137
4.2.2.5- Distancia entre Pinzas o Separación de Placas	137
4.2.2.6- Etiqueta de Espécimen.....	137
4.2.2.7- Tipo de Fijación	137
4.2.3.- SUBMENÚ PRUEBA	138
4.2.3.1- Control (C/M Deshabilitado, Estandar, Relajación)	139
4.2.3.2- Fin de Prueba (C/M Deshabilitado, Estandar, Relajación)	139

4.2.3.3-	Celda de Carga Usada	140
4.2.3.4-	Velocidad.....	140
4.2.3.5-	Detener Cabezal.....	142
4.2.4.-	SUBMENÚ DATOS	144
4.2.4.1-	Calibración	144
4.2.4.2-	Muestreo de Datos	145
4.2.5.-	SUBMENÚ REPORTE	146
4.2.5.1-	Cabecera de Reporte	147
4.2.5.2-	Parámetros Medioambientales.....	147
4.2.5.3-	Análisis Estadístico.....	148
4.2.6.-	SUBMENÚ GRÁFICOS	149
4.2.6.1-	Numero de Gráficos por Pantalla	149
4.2.6.2-	Mostrar Líneas de Construcción.....	150
4.2.6.3-	Dividir en Filas.....	150
4.2.7.-	SUBMENÚ CÁLCULOS	151
4.2.7.1-	Tipo de Cálculo.....	151
4.2.7.2-	Parámetros de Cálculos	152
4.2.8.-	INICIAR PRUEBA.....	157
4.2.9.-	DETENER PRUEBA.....	158
4.2.10.-	REGRESAR CABEZAL	158
4.2.11.-	MODO DESCONECTADO/CONECTADO.....	158
4.2.12.-	GUARDAR ARCHIVO ESPÉCIMEN.....	159
4.2.13.-	EXPORTAR A EXCEL	160
4.2.14.-	ABRIR ARCHIVO ESPÉCIMEN.....	161
4.2.15.-	ALMACENAMIENTO.....	162
4.2.16.-	TRADUCCIÓN	163
4.2.17.-	DOCUMENTACIÓN DE MÉTODOS Y CLASES.....	164

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1.-	CASOS DE PRUEBA	166
5.1.1.-	CASO DE PRUEBA CONFIGURAR TIPO DE PRUEBA	167
5.1.2.-	CASO DE PRUEBA CONFIGURAR GEOMETRÍA.....	168

5.1.3.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR VELOCIDAD.....	169
5.1.4.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR FIN DE EXPERIMENTO.....	170
5.1.5.- CASO DE PRUEBA DETENER EXPERIMENTO	171
5.1.6.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR TASA DE MUESTREO.....	172
5.1.7.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR REPORTES.....	173
5.1.8.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR GRÁFICOS.....	174
5.1.9.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR CÁLCULOS	175
5.1.10.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR PARÁMETROS DE CÁLCULOS	176
5.1.11.- CASO DE PRUEBA EJECUTAR PRUEBA.....	178
5.1.12.- CASO DE PRUEBA GUARDAR PRUEBA.....	179
5.1.13.- CASO DE PRUEBA ABRIR PRUEBA.....	180
5.1.14.- CASO DE PRUEBA IMPRIMIR RESULTADOS.....	181
5.1.15.- CASO DE PRUEBA EXPORTAR RESULTADOS.....	182
5.2.- VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS	183
5.2.1.- MÉTODO T	183

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- CONCLUSIONES.....	186
6.2.- RECOMENDACIONES	187

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....

188

ANEXOS

A.- MANUAL DE INSTALACIÓN.....	190
A.1.- INSTALACIÓN DRIVERS NATIONAL INSTRUMENTS	190
A.2.- INSTALACIÓN SOFTWARE INSTRON1011AMTS.....	194
B.- RESULTADOS PRUEBAS T	202
C.- EJEMPLO ARCHIVO ESPÉCIMEN	209

RESUMEN

El diseño e implementación de Interfaces Hombre Máquina (HMI) son áreas de investigación muy activas y se complementan continuamente con el desarrollo de nuevas arquitecturas y tecnologías, debido a que dichas interfaces basadas en software, son susceptibles de cambios más rápidos y más baratos que los que se podrían hacer con hardware. De ahí que muchos fabricantes proveen formas de controlar sus equipos por software.

El principal aporte de este proyecto es la actualización del sistema de control y adquisición de datos para el instrumento INSTRON SERIES X AUTOMATED MATERIAL TESTING SYSTEM, que provee de una mejor experiencia al operador al ejecutar pruebas. A través de un interfaz HMI, diseñado con herramientas de software libre como Python y Qt, el sistema permite realizar las mismas funciones del sistema anterior: Configurar y ejecutar pruebas, analizar y graficar resultados pero además, se incluyeron nuevas funcionalidades como: exportar los datos crudos hacia un archivo Microsoft Excel, exportar reportes y gráficos como PDF. Se actualizó la plataforma de almacenamiento a un sistema de bases de datos SQLITE y se creó un medio para recuperar y almacenar muestras anteriores.

Todo esto, a diferencia del sistema original, está diseñado para un entorno gráfico. El sistema inicial dejó de funcionar debido a que el hardware en el que se encuentra la aplicación ha quedado obsoleto y con el paso del tiempo ha venido sufriendo daños en sus periféricos, además de que fue diseñado para el sistema operativo DOS que ya perdió vigencia.

PRESENTACIÓN

El propósito del presente proyecto es diseñar e implementar una herramienta de software que permita al personal del Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros, controlar y configurar su equipo de pruebas de materiales INSTRON SERIES X AUTOMATED MATERIAL TESTING SYSTEM, así como almacenar y realizar cálculos con la información que en él se procesa. La estructura del proyecto se muestra a continuación:

En el Capítulo Uno, se realiza una descripción general de los procesos que se realizan en el instrumento, así como sus limitaciones.

En el Capítulo Dos, se realiza una descripción de las metodologías de desarrollo de software disponibles en la actualidad, con una breve explicación de cada una y una explicación de la metodología usada para desarrollar este proyecto.

Se explican también todas y cada una de las herramientas de desarrollo de software y la plataforma tecnológica usada para el desarrollo del presente proyecto.

En el Capítulo Tres, se explica el funcionamiento del protocolo de comunicaciones que provee la máquina hacia el computador, se inicia con una explicación general del hardware y software instalados, y los cambios realizados en este proyecto. Como punto final de este capítulo se detalla el análisis y modelado de requerimientos a través de los Casos de Uso.

En el Capítulo Cuatro, se explica el modelado y diseño de la aplicación INSTRON1011AMTS a través de un Diagrama de Clases, Diagramas de

Secuencia, Diagrama de Navegación, Diagramas de Presentación y Diagramas de Cálculos.

En el Capítulo Cinco, se explica el procedimiento para realizar las pruebas y se especifican todos los Casos de Prueba con sus respectivos resultados.

En el Capítulo Seis, se presentan las conclusiones y recomendaciones obtenidas en el proceso de diseño e implementación de la solución en el Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros

CAPÍTULO I

FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA INSTRON SERIES X AUTOMATED MATERIAL TESTING SYSTEM

1.1.- INSTRON SERIES X AUTOMATED MATERIAL TESTING SYSTEM

La máquina Instron Series X Automated Material Testing System es un sistema de ensayo universal. Esta máquina es semejante a una prensa con la que es posible someter materiales a ensayos de tracción y compresión para medir sus propiedades. La presión se logra mediante placas o mandíbulas accionadas por tornillos o un sistema neumático. Esta máquina es ampliamente utilizada en la caracterización de nuevos materiales. Así por ejemplo, se ha utilizado en la medición de las propiedades de tensión de los polímeros.



FIGURA 1-1. Instron Series X Automated Material Testing System

Este sistema tiene un panel frontal para control y configuración de las muestras que se van a analizar, como se indica en la Figura 1-2.



FIGURA 1-2. Panel Frontal INSTRON 1011 AMTS

El panel frontal está dividido en las siguientes partes:

- **PANTALLA LCD:** Esta pantalla muestra los valores actuales de carga y desplazamiento, así como la velocidad del cabezal y la celda de carga usada.



FIGURA 1-3. Pantalla LCD INSTRON 1011 AMTS.

- **ZONA DE CONFIGURACIÓN:** En esta parte el operador puede, directamente en el instrumento, configurar la información que se va a desplegar en la pantalla LCD, así como la velocidad del cabezal, el rango de la carga, las dimensiones de la muestra, las unidades de medida, etc.

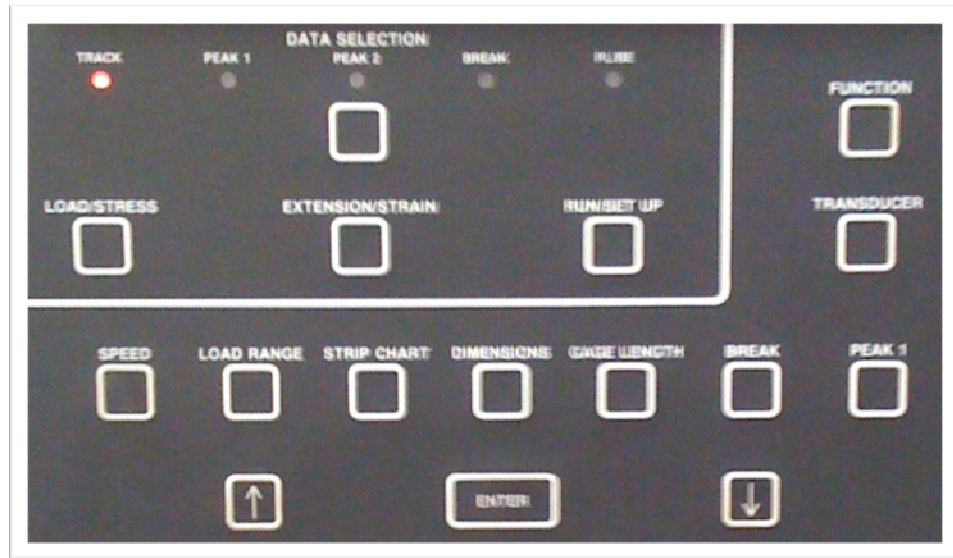


FIGURA 1-4. Zona de configuración INSTRON 1011 AMTS.

- **ZONA DE CALIBRACIÓN:** En esta zona se calibran los valores que van a ser leídos por la celda de carga, tiene una perilla de ajuste grueso y otra para el ajuste fino, así como una función de calibración del instrumento.

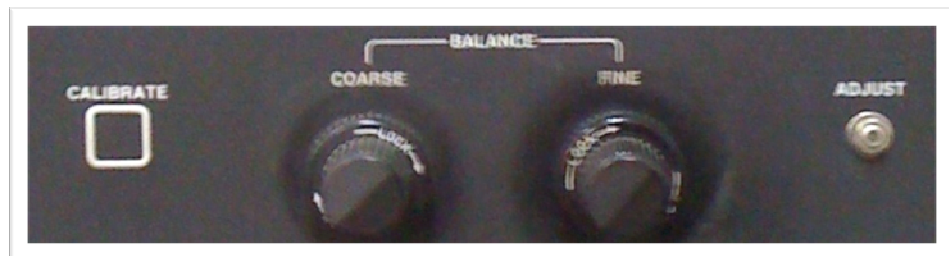


FIGURA 1-5. Zona de calibración INSTRON 1011 AMTS

- **ZONA DE EJECUCIÓN:** En este espacio el usuario configura el tipo de prueba directamente en el instrumento, la acción al detectar el fin de la prueba, así como la habilitación o deshabilitación de la comunicación GPIB.

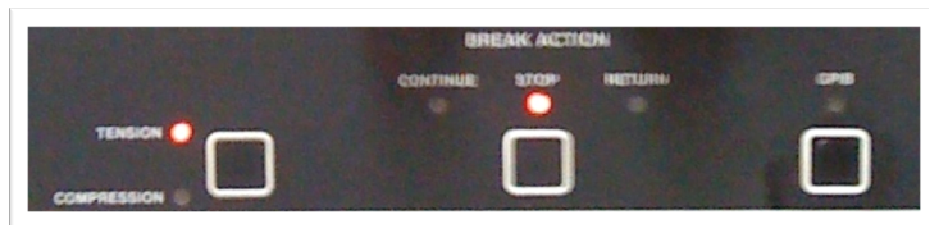


FIGURA 1-6. Zona de ejecución INSTRON 1011 AMTS

- **ZONA DE MOVIMIENTO:** En esta zona el operador puede mover el cabezal hacia arriba y abajo a la velocidad configurada anteriormente, detener y regresar el cabezal a su posición original directamente.



FIGURA 1-7. Zona de movimiento INSTRON 1011 AMTS

La máquina posee un sistema de pinzas donde se colocan las muestras que van a ser analizadas, tal como se puede apreciar en la Figura 1-8.



FIGURA 1-8. Actuadores Electromagnéticos INSTRON 1011 AMTS.

El sistema original tiene un software de control, análisis y adquisición de datos para la prueba de materiales. Este es un software diseñado para uso en sistemas MS-DOS y fue adquirido en el año 1996.

Este sistema le permite al operador crear métodos de prueba, personalizar reportes y exportar los datos obtenidos en formatos ASCII o DIF, que pueden ser abiertos por programas, actualmente ya obsoletos, como Lotus 1-2-3 y dBase.

Este sistema requiere de una interfaz GPIB (IEEE-488) entre el computador y el instrumento.

El sistema tiene una pantalla de presentación como muestra la Figura 1-9:

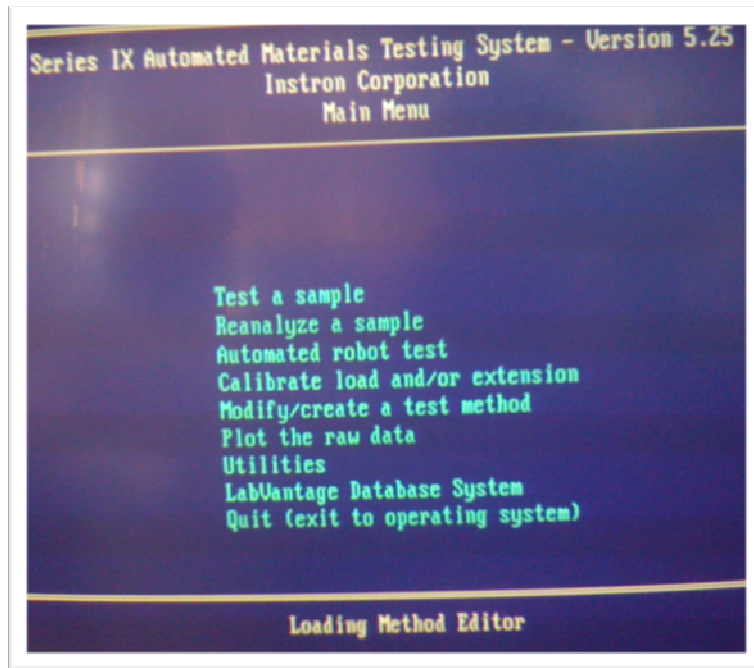


FIGURA 1-9. Menú Principal Software Original

Para iniciar una prueba, se debe configurar el método a realizar como lo muestra la Figura 1-10:

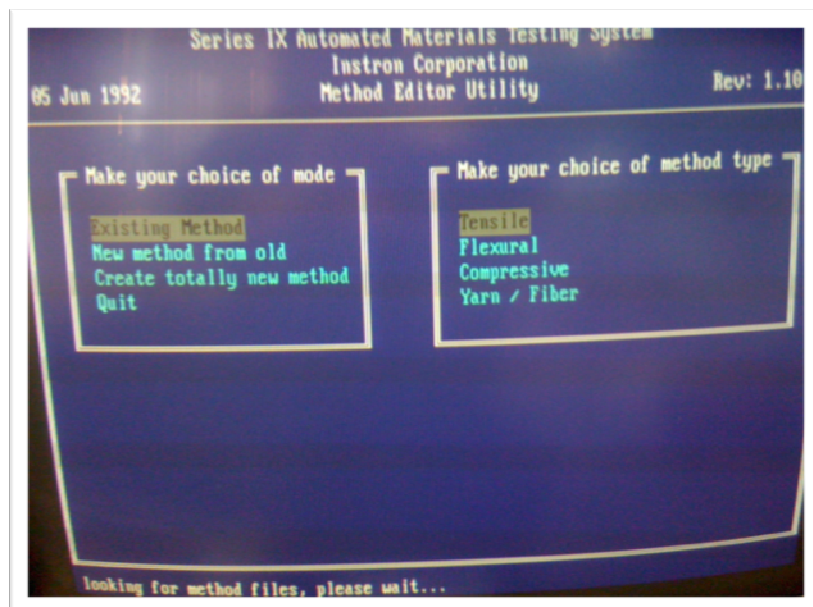


FIGURA 1-10. Configuración Método Software Original

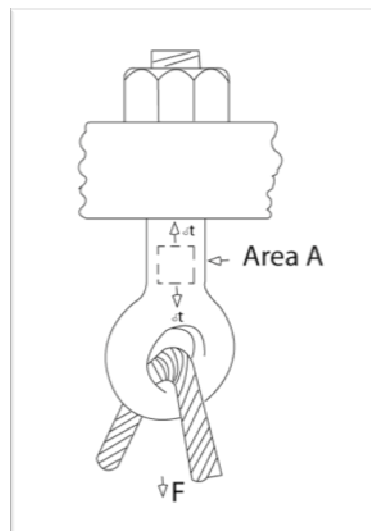
Las pruebas que realiza este instrumento pueden ser de cuatro tipos:

a) PRUEBAS DE TENSIÓN:

Estas pruebas consisten en aplicar fuerzas que alargan el material en longitud hasta lograr su destrucción.

La ASTM provee dos documentos para este tipo de pruebas en sus estándares:

- D638 – 00 : Método de Prueba Estándar para Propiedades de Tensión en Plásticos.
- D1004 – 03 : Método de Prueba Estándar para Propiedades de Tensión en Láminas de Plástico Fino.

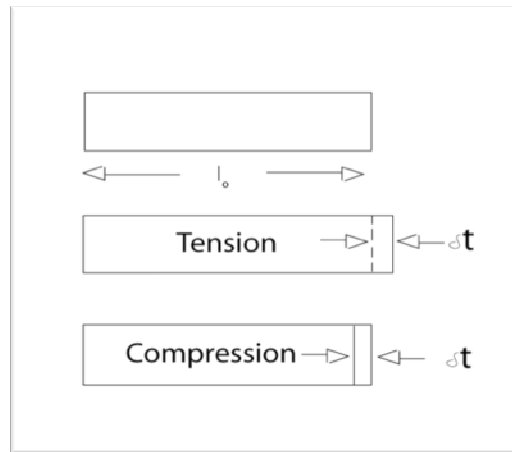


$$\text{tensión simple, } \sigma = \frac{F}{A}$$

FIGURA 1-11. Definición de pruebas de tensión

b) PRUEBAS DE COMPRESIÓN:

Estas pruebas consisten en aplicar fuerzas que contraen el material en longitud hasta lograr su destrucción.



δt Fuerza Aplicada

FIGURA 1-12. Definición de pruebas de compresión.

c) PRUEBAS DE FLEXIÓN:

Estas pruebas consisten en aplicar fuerzas que flexionan al material en longitud hasta lograr su destrucción.

La ASTM provee un documento para este tipo de pruebas en sus estándares:

- D790 – 03 : Método de Prueba Estándar para Propiedades de Flexión de Plásticos Reforzados, no Reforzados y Materiales Eléctricamente Aislantes.

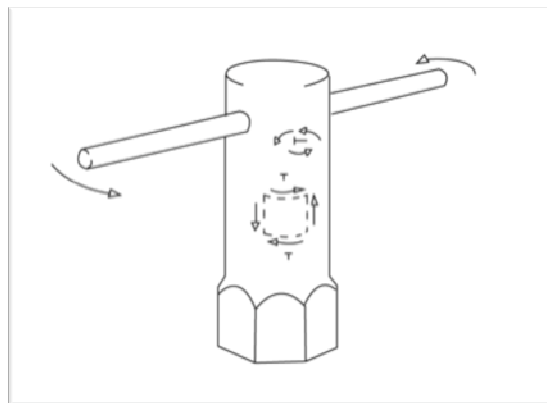


FIGURA 1-13. Definición de pruebas de flexión.

d) PRUEBAS DE FIBRAS O HILOS:

Estas pruebas consisten en aplicar fuerzas que alargan el material tipo hilo o fibra en longitud hasta lograr su destrucción.

La ASTM provee un documento para este tipo de pruebas en sus estándares:

- D882 – 03 : Método de Prueba Estándar para Propiedades de Tensión en Láminas de Plástico Fino.

Luego de la configuración del tipo de método es necesario especificar la geometría de la muestra, como se demuestra en la Figura 1-14:

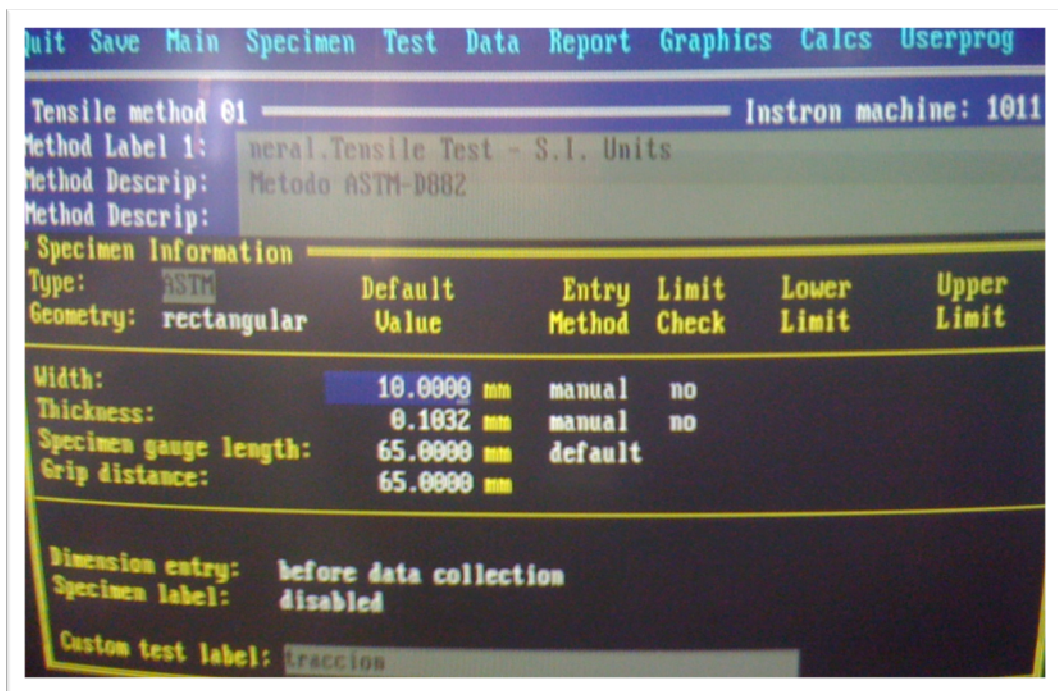


FIGURA 1-14. Configuración Geometría Muestra Software Original

Una vez completado este paso, el sistema está listo para iniciar el movimiento del cabezal, para lo que se ingresa el nombre del operador y una identificación de la muestra que se va a evaluar:

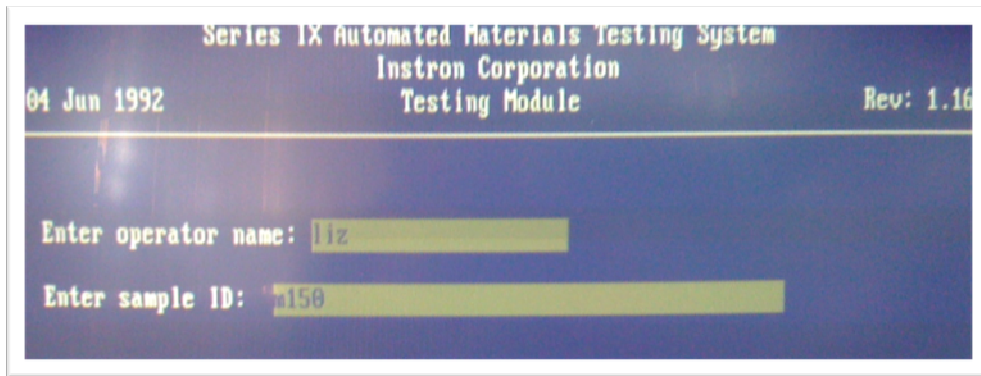


FIGURA 1-15. Nombre Operador y Muestra Software Original

El sistema presenta los cálculos y las gráficas respectivas a la muestra destruida en una pantalla posterior:

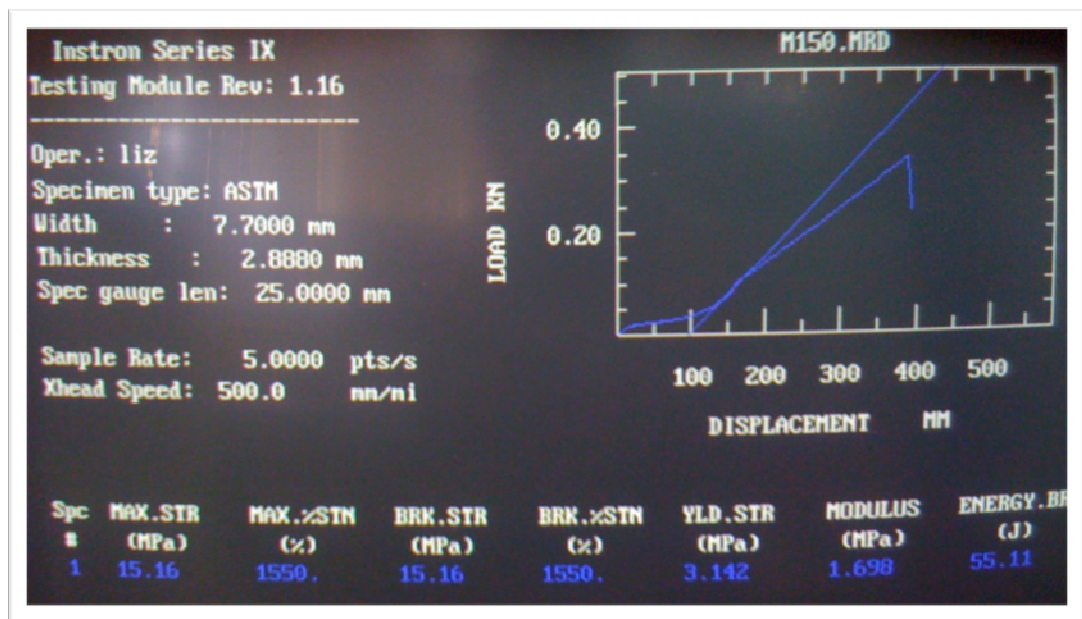


FIGURA 1-16. Interfaz de Reportes y Gráficos Software Original



FIGURA 1-17. Interfaz de Reportes y Gráficos Software Original

1.2.- PROBLEMAS EN LA MÁQUINA

Una vez realizado el análisis del equipo de ensayos y del computador que lo controla, se han encontrado los siguientes problemas:

- El computador, en donde se encuentra actualmente corriendo el software, presenta deterioro por el tiempo en todos sus periféricos, a excepción del puerto GPIB y el puerto paralelo que han dejado de funcionar.
- El equipo sobre el cual se encuentra almacenado el software tiene un procesador 286, en el cual se corre el sistema operativo MS-DOS.
- El software actual no es amigable para el usuario y es imposible corregir un error una vez que el operador ingresa información.
- El fabricante INSTRON ya no tiene soporte sobre el software que se está usando actualmente, lo que implica que ante cualquier falla no existe personal calificado para la reparación.

- La interfaz Hombre-Máquina, que viene de fábrica, requiere que el operador tenga conocimientos del manejo del sistema operativo MS-DOS, el cual perdió vigencia.

1.3.- PROYECTO A DESARROLLAR

El presente proyecto realizará las siguientes actividades:

- Se investigará el proceso de envío y recepción de datos desde el computador hacia el equipo de ensayos INSTRON y viceversa.
- Se modernizará el bus de comunicación utilizando una tarjeta de adquisición de datos de alta velocidad GPIB-USB-HS.
- Se desarrollará un nuevo software basado en herramientas de software libre, diseñado para trabajar en un ambiente gráfico; este software será capaz de manipular las configuraciones del equipo de ensayos, recibir mediciones, generar reportes, dibujar gráficos y exportar información a periféricos externos como plotters o impresoras. Este nuevo software mantendrá la funcionalidad original que era utilizada por el CIAP y proveerá nuevas herramientas para el análisis de las muestras.
- Se desarrollará la documentación del código fuente utilizado, así como los manuales de instalación y operación del software nuevo.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LAS METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Como una etapa preparatoria, antes de iniciar la modernización de la interfaz gráfica de la Máquina de Ensayos Universales INSTRON, es necesario definir la metodología de desarrollo de software que más se ajuste a las necesidades del proyecto.

Esta metodología planteará un conjunto de conceptos y prácticas que van a ser usadas para estructurar, planear y controlar el proceso de desarrollo de la aplicación INSTRON1011AMTS, que reemplazará a la interfaz gráfica que viene de fábrica.

2.1.- INTRODUCCIÓN A LAS METODOLOGÍAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

A lo largo del tiempo, una gran cantidad de métodos de desarrollo de software han sido planteados, diferenciándose unos de otros por su fortaleza y debilidad.

Una metodología de desarrollo de software consiste en:

- Una filosofía de desarrollo de programas de computación con el enfoque del proceso de desarrollo de software.
- Herramientas, modelos y métodos para asistir al proceso de desarrollo de software.

No existe una metodología universal para hacer frente y con éxito a cualquier proyecto de desarrollo de software, toda metodología debe ser adaptada al contexto del proyecto (recursos técnicos y humanos, tiempo de desarrollo,

tipo de sistema, etc.) y a reducir drásticamente los tiempos de desarrollo pero manteniendo una alta calidad del software.

Existen en la actualidad dos clases de metodologías que se van a analizar a continuación:

2.1.1.- METODOLOGÍAS TRADICIONALES¹

Estas metodologías tradicionales imponen una disciplina de trabajo sobre el proceso de desarrollo del software, con el fin de conseguir un software más eficiente. Para ello, se hace énfasis en la planificación total de todo el trabajo a realizar y una vez que está todo detallado, comienza el ciclo de desarrollo del producto software. Se centran especialmente en el control del proceso, mediante una rigurosa definición de roles, actividades, artefactos, herramientas y notaciones para el modelado y documentación detallada.

Además, las metodologías tradicionales no se adaptan adecuadamente a los cambios, por lo que no son métodos adecuados cuando se trabaja en un entorno, donde los requisitos no pueden predecirse o bien pueden variar.

Entre las metodologías tradicionales o pesadas podemos citar:

- RUP (Rational Unified Procces)
- MSF (Microsoft Solution Framework)
- Win-Win Spiral Model
- Iconix

2.1.2.- METODOLOGÍAS ÁGILES

Las metodologías ágiles aparecen como una posible respuesta para llenar un vacío metodológico, al utilizar este tipo de metodologías, se busca tener la capacidad de proveer respuestas rápidas y ser adaptables al cambio. Ambas

¹ BRITO; Selección de Metodologías de Desarrollo de Software 2009, cp2, pg 34.

cualidades siempre han sido deseables, pero en el entorno de negocio actual resultan indispensables. Este requerimiento de agilidad en las empresas, gobiernos y cualquier otra organización provoca que el software también deba ser desarrollado de manera ágil.

Las necesidades de un cliente pueden sufrir cambios importantes desde el momento de contratación de un software al momento de su entrega; y es mucho más importante satisfacer estas últimas que las primeras. Esto requiere de procesos de software diferentes, que en lugar de rechazar los cambios sean capaces de incorporarlos.

Los procesos ágiles son una buena elección cuando se trabaja con requisitos desconocidos o variables. Si no existen requisitos estables, no existe una gran posibilidad de tener un diseño estable y de seguir un proceso totalmente planificado, que no vaya a variar ni en tiempo ni en dinero. En estas situaciones, un proceso adaptativo será mucho más efectivo que un proceso predictivo. Por otra parte, los procesos de desarrollo adaptativos también facilitan la generación rápida de prototipos y de versiones previas a la entrega final, lo cual agradará al cliente.

Las metodologías ágiles proporcionan una serie de pautas y principios junto a técnicas pragmáticas que puede que no curen todos los males pero harán la entrega del proyecto menos complicada y más satisfactoria tanto para los clientes como para los equipos de entrega.

Entre las metodologías ágiles más destacadas hasta el momento se pueden nombrar:□

- XP (Extreme Programming)□
- Scrum
- Crystal Clear□
- DSDM (Dynamic Systems Development Method)□
- FDD (Feature Driven Development)□
- ASD (Adaptive Software Development)□

2.2.- METODOLOGÍA A UTILIZAR

De las metodologías analizadas se ha decidido trabajar con Extreme Programming XP, ya que va a proporcionar un sistema de modelos, principios y pautas para planificar, analizar, diseñar e implementar el proyecto INSTRON1011AMTS, de tal manera que se asegure que todos los elementos del proyecto, tales como gente, procesos, y herramientas, puedan ser manejados con éxito, combinando las ventajas de un modelo ágil con la formalidad del uso del Lenguaje Unificado de Modelado (UML).

2.3.- PROGRAMACIÓN EXTREMA (XP)

XP es una metodología ágil, centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en desarrollo de software, promoviendo el trabajo en equipo, preocupándose por el aprendizaje de los desarrolladores, y propiciando un buen clima de trabajo. XP se basa en la realimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, comunicación fluida entre todos los participantes y simplicidad en las soluciones implementadas. XP se define como especialmente adecuada para proyectos con requisitos imprecisos y muy cambiantes, y donde existe un alto riesgo técnico. XP utiliza una técnica denominada Historias de Usuario, la cual es utilizada para especificar los requisitos del software. Se trata de tarjetas de papel en las cuales el cliente describe brevemente las características que el sistema debe poseer, sean requisitos funcionales o no funcionales.

2.3.1.- PROCESO DE PROGRAMACIÓN EXTREMA

El ciclo de desarrollo consiste (a grandes rasgos) en los siguientes pasos:

1. El cliente define los requerimientos a implementar.
2. El programador estima el esfuerzo necesario para su implementación.

3. El cliente selecciona qué construir, de acuerdo con sus prioridades y las restricciones de tiempo.
4. El programador modela e implementa esa funcionalidad.
5. Vuelve al paso 1.

En todas las iteraciones de este ciclo, tanto el cliente como el programador aprenden. No se debe presionar al programador a realizar más trabajo que el estimado, ya que se perderá calidad en el software o no se cumplirán los plazos. El ciclo de vida ideal de XP consiste de seis fases: Exploración, Planificación de la Entrega (Release), Iteraciones, Producción, Mantenimiento y Muerte del Proyecto.

2.4.- LENGUAJE UNIFICADO DE MODELADO (UML)

Es un lenguaje de modelado de sistemas de software más conocido y utilizado en la actualidad; está respaldado por el OMG (Object Management Group). Es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar, construir y documentar un sistema. UML ofrece un estándar para describir un "plano" del sistema (modelo), incluyendo aspectos conceptuales, tales como procesos de negocio y funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes reutilizables.

2.5.- HERRAMIENTAS DE DESARROLLO DE SOFTWARE

Una vez definida la metodología para el desarrollo de la nueva interfaz gráfica del equipo de ensayos INSTRON, es necesario buscar las herramientas con las que se construirá la solución.

Para este propósito se realizó un análisis de las diferentes opciones de plataformas de desarrollo de software libre disponibles. Las herramientas utilizadas se muestra en la Figura 2-1 y su descripción a continuación:

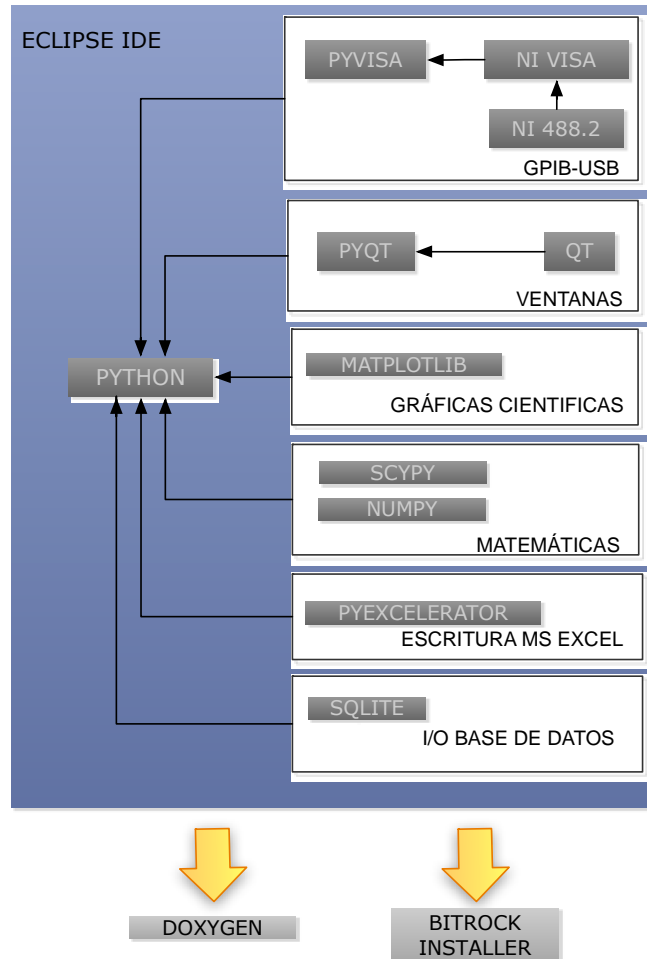


FIGURA 2-1. Arquitectura de componentes Software INSTRON1011AMTS

2.5.1.- PYTHON 2.7.2

Python es el lenguaje de programación escogido para desarrollar la nueva interfaz de equipo de Prueba de Materiales INSTRON. Este lenguaje va a ser la plataforma sobre la cual se va a montar todas librerías con las que se implementará toda la funcionalidad de la interfaz Hombre-Máquina requerida por el usuario.

Las ventajas de usar Python son:

- Python es un lenguaje de programación multiparadigma. Esto significa que más que forzar a los programadores a adoptar un estilo particular de programación, permite varios estilos: programación orientada a objetos, programación imperativa y programación funcional. Otros paradigmas están soportados mediante el uso de extensiones.
- Python usa tipado dinámico y conteo de referencias para la administración de memoria.
- Posee resolución dinámica de nombres; es decir, lo que enlaza un método y un nombre de variable durante la ejecución del programa (también llamado ligadura dinámica de métodos).
- Otro objetivo del diseño del lenguaje es la facilidad de extensión. Se pueden escribir nuevos módulos fácilmente en C o C++. Python puede incluirse en aplicaciones que necesitan una interfaz programable.
- Existe una gran comunidad de desarrollo que constantemente publica nuevos componentes para este lenguaje.

2.5.2.- LIBRERÍA QT

Para la parte de ventanas y diálogos presentados al usuario se decidió usar las librerías Qt, estas librerías están escritas en C++ y agilitan mucho el trabajo de los desarrolladores al momento de crear diálogos y ventanas para interacción con el operador.

La razón de escoger estas librerías es el amplio uso dado actualmente en la industria. Hoy en día Qt es el corazón de los sistemas gráficos de los productos de: Autodesk, KDE, SIEMENS, Google Earth, Skype, Adobe Photoshop, Samsung, Phillips, Nokia y Panasonic.

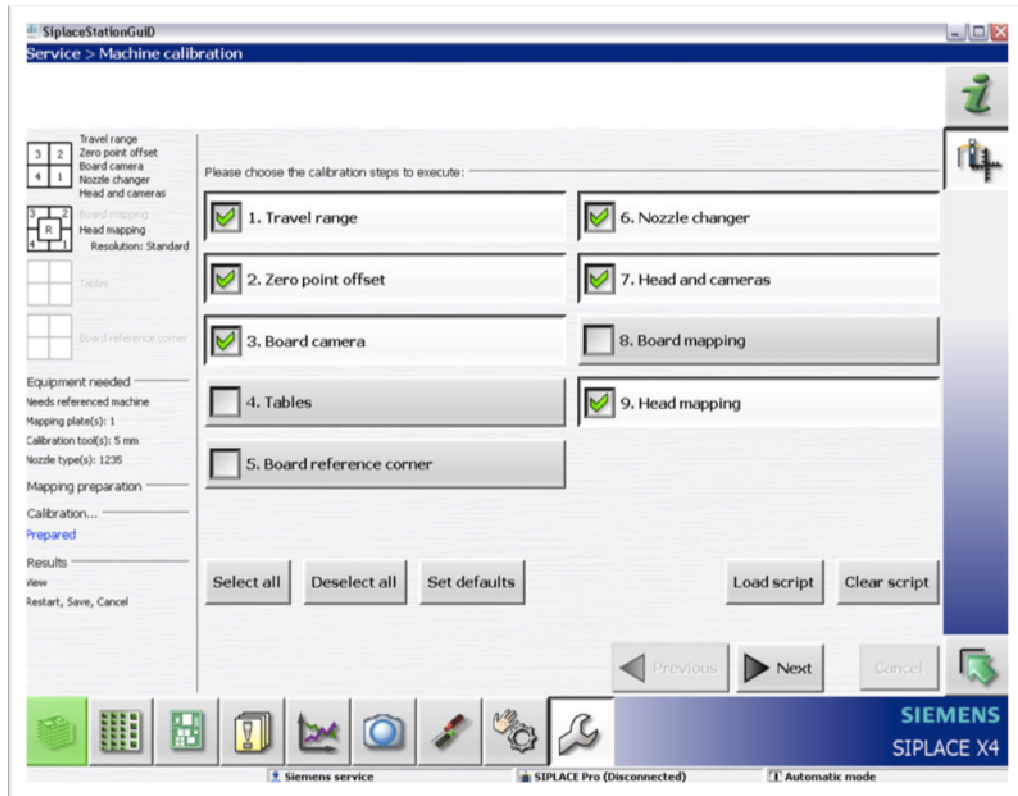


FIGURA 2-2. HMI del Sistema Electrónico de Ensamblaje de Circuitos Electrónicos SIEMENS SIPLACE SX desarrollado en Qt.

2.5.3.- LIBRERÍA PYQT

Debido a que Qt es un conjunto de librerías escritas en C++, para poder utilizarlas desde el lenguaje Python, que fue elegido como el lenguaje de programación de este proyecto, es necesario un enlace; en este caso el fabricante Riverbank Computing proporciona una librería llamada PyQt que presenta la funcionalidad de las librerías de Qt disponibles para el uso dentro del lenguaje Python.

2.5.4.- LIBRERÍA PYVISA

PyVISA es una librería escrita para el lenguaje Python que permite al programador establecer un enlace entre las librerías de VISA y GPIB de

National Instruments, que están escritas en C, de tal manera que sean accesibles para el programador desde este lenguaje.

La aplicación desarrollada utiliza este enlace para comunicarse con el equipo por medio del bus GPIB con el objetivo de configurar el mismo con los valores deseados por el usuario y también obtener las lecturas de carga y desplazamiento de las muestras evaluadas.

2.5.5.- LIBRERÍA NUMPY

NumPy es una extensión del lenguaje de programación Python, que añade la capacidad de manipular matrices y arreglos multidimensionales grandes, junto con una gran librería de funciones matemáticas de alto nivel para operar sobre estos arreglos.

Debido a que parte de los requerimientos es realizar cálculos sobre los materiales ensayados en la nueva interfaz gráfica del equipo INSTRON, se utilizó esta librería como parte de los algoritmos usados para efectuar dichos cálculos.

2.5.6.- LIBRERÍA SCIPY

SciPy es una librería de código abierto que provee algoritmos y herramientas para el lenguaje de programación Python.

Esta librería contiene módulos para optimización, algebra lineal, integración, interpolación, funciones especiales, FFT, procesamiento de señales e imágenes, solución de ecuaciones diferenciales ordinarias.

Como parte de los requerimientos de este proyecto es analizar las curvas obtenidas de las pruebas efectuadas sobre los materiales la nueva interfaz

gráfica del equipo INSTRON, se utilizó esta librería como parte de los algoritmos usados realizar las interpolaciones y aproximaciones de mínimos cuadrados.

2.5.7.- LIBRERÍA MATPLOTLIB

Matplotlib es una librería de gráficos científicos para el lenguaje de programación Python, y es una extensión de las librerías de Numpy. Provee un API orientado a objetos que permite incluirla dentro de otras aplicaciones que usen plataformas gráficas genéricas como wxPython, Qt, o GTK.

Parte de las necesidades del usuario, de este nuevo software es que debe tener acceso a las gráficas de las curvas obtenidas de las pruebas. Esta librería es la base sobre la cual se construyó en módulo de reportes gráficos.

2.5.8.- LIBRERÍA PYEXCELERATOR

PyExcelerator es una librería diseñada para el lenguaje de programación Python, cuya función es generar de archivos de Excel, con soporte para texto Unicode. Esta librería no necesita de integración con el modelo COM de Windows.

Un requerimiento nuevo del CIAP, con respecto al software que estaba desarrollándose, es la posibilidad de exportar los datos crudos de las pruebas a un archivo de Microsoft Excel, para su posterior análisis, por lo que valiéndonos de esta librería se puede añadir esta funcionalidad dentro de la nueva interfaz Hombre-Máquina.

2.5.9.- BASE DE DATOS SQLITE

Como parte del proceso de ejecución de las muestras, muchos datos de carga y desplazamiento se obtienen del equipo INSTRON. Para almacenar estas muestras se utiliza una base de datos relacional. Se escogió SQLite por ser muy ligera, pesa alrededor de 275 kB implementados mediante una librería en C y permite espacios de almacenamiento de hasta 2 TB.

2.5.10.- GENERADOR DE INSTALADORES INNO SETUP

Inno Setup es una herramienta desarrollada por la empresa JRSoftware, y construye instaladores para distribuir software tanto para clientes como para servidores. Esta herramienta es usada por el presente proyecto para crear el instalador de la aplicación INSTRON1011AMTS y así, poder distribuir el software en los computadores que el Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros necesite.

2.5.11.- GENERADOR DE DOCUMENTACIÓN DOXYGEN

Doxygen es un generador de documentación para C++, C, Java, Objective-C, Python, IDL (versiones Corba y Microsoft) y en cierta medida para PHP, C# y D. Dado que es fácilmente adaptable, funciona en la mayoría de sistemas Unix así como en Windows y Mac OS X.

Doxygen es un acrónimo de dox (documento) gen (generador), generador de documentación para código fuente. Todo el nuevo desarrollo cumple con las normas de documentación DOXYGEN y como parte de la entrega se encuentra la documentación de clases y métodos que se encuentra desarrollada con esta herramienta.

2.5.12.- ECLIPSE IDE

Todo el desarrollo de la nueva interfaz Hombre-Máquina se hizo dentro del entorno de desarrollo del software Eclipse.

Se escogió Eclipse por ser un entorno de código abierto multiplataforma, además de que posee una gran comunidad de usuarios, que extienden constantemente las áreas de aplicación de la herramienta, como por ejemplo, PyDev (extensión para desarrollo en lenguaje Python).

CAPÍTULO III.

ANÁLISIS DEL PROTOCOLO Y REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

3.1.- DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

3.1.1.- DIAGRAMA DE BLOQUES INICIAL



FIGURA 3-1. Diagrama de Bloques Original

El sistema de prueba de materiales INSTRON se compone de los elementos descritos en la Figura 3-1. En el lado izquierdo se presenta el equipo de pruebas que se tiene un software de bajo nivel (firmware) y un controlador del bus GPIB; en la parte central se observa el medio físico y lógico por el cual se transmiten los datos desde el equipo hacia el computador y viceversa; y por último, en la parte derecha se tiene el computador con un sistema operativo MS-DOS, sobre el cual se montan los drivers VISA y los drivers de la tarjeta GPIB montada dentro del computador, en donde se ejecutará el programa de control del equipo INSTRON.

El sistema actual presenta problemas en la parte del computador, en primer lugar, el hardware muestra deterioro en sus periféricos. El sistema operativo que se encuentra ejecutando el computador es MS-DOS, el cual perdió vigencia y requiere que el operador conozca este ambiente de trabajo para poder utilizar el software.

Tanto el software de control del equipo que se encuentra instalado y los drivers VISA y GPIB, ya no tienen soporte por parte de la empresa fabricante, además que utilizan herramientas ya obsoletas para almacenamiento de información (bases de datos LabVantage).

3.1.1.- DIAGRAMA DE BLOQUES FINAL



FIGURA 3-2. Diagrama de Bloques Final

Como parte del presente proyecto se actualizarán:

- El bus de comunicaciones: Para este propósito se eliminó la tarjeta GPIB en el computador y se colocó una tarjeta de adquisición de datos de alta velocidad, que posee un convertidor de GPIB a USB.
- El computador estará basado en un procesador Intel Core 2 Duo corriendo un Sistema Operativo Windows XP, sobre el cual correrán los drivers VISA y GPIB, más recientes del fabricante.
- Se desarrollará un nuevo programa de control del equipo basado en herramientas de software libre y ambiente gráfico.

3.2.- BUS GPIB

GPIB es un estándar bus de datos digital de corto rango, desarrollado por Hewlett-Packard en los años 1970 para conectar dispositivos de test y medida (por ejemplo: multímetros y osciloscopios) con dispositivos que los controlen como un computador.

La funcionalidad del estándar GPIB ha evolucionado a lo largo del tiempo y se encuentra descrito en las siguientes especificaciones:

- IEEE 488.1 (1975): Especificación que define las características de nivel físico (mecánico y eléctrico), así como sus características funcionales básicas.

- IEEE 488.2 (1987): Especificación que define las configuraciones mínimas, los comandos y formatos de datos básicos y comunes a todos los equipos, el manejo de errores y los protocolos que se siguen en las comunicaciones.

- SCPI (Standard Commands for Programmable Instrumentation): Especificación construida sobre el estándar IEEE 488.2 que define una estructura de comandos estándar aceptados por múltiples instrumentos de muchos fabricantes:
 - Agilent: Agilent Technologies
 - Cec : Capital Equipment Corporation
 - Iotech: IOTech hardware.
 - Keithley: Keithley
 - Mcc: Measurement Computing Corporation
 - Ni: National Instruments.

3.3.- ARQUITECTURA DE SOFTWARE PARA INSTRUMENTOS VIRTUALES (VISA)

La Arquitectura de Software para Instrumentos Virtuales (VISA) es un estándar para configurar, programar y detectar errores relacionados a sistemas de instrumentación basados en comunicación: GPIB, VXI, Serial, Ethernet y USB.

VISA provee una plataforma de programación para integrar el hardware con el software construido, sea en ambientes como: LabVIEW, LabWindows/CVI, Visual Studio, Eclipse, etc.

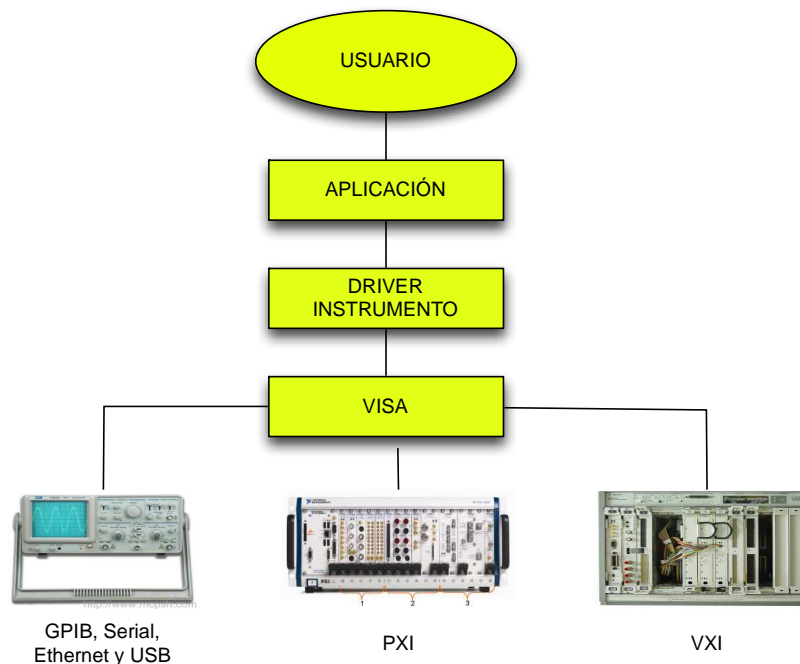


FIGURA 3-3. Arquitectura VISA.

3.4.- APLICACIÓN INSTRON1011AMTS

La aplicación INSTRON1011AMTS es la parte correspondiente a la nueva Interfaz Hombre-Máquina desarrollada en el presente proyecto. Esta aplicación se ubica en el lado del computador. Su función principal es permitir al operador controlar el equipo de ensayos universales INSTRON, así como obtener reportes y gráficos de las muestras ensayadas.

Esta aplicación está desarrollada completamente con herramientas de software libre, el lenguaje utilizado para la implementación es Python.

3.5.- EQUIPO GPIB ESCOGIDO

Con el afán de poder modernizar el bus de comunicación, utilizado por el instrumento, se decidió utilizar una tarjeta GPIB de alta velocidad que incluya un convertor de GPIB a USB, modelo GPIB-USB-HS del fabricante National Instruments; con esta tarjeta se logra evitar la instalación de una tarjeta GPIB

en el computador cliente, y se consigue que el uso del software no esté restringido a un solo computador, sino que puede ser usado en cualquier computador que posea un puerto USB.



FIGURA 3-4. Tarjeta de Adquisición de Datos NI GPIB-USB-HS

3.5.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA TARJETA ESCOGIDA

- Tasas de transferencia hasta 1.8 MB/s (IEEE 488.1 estándar)
- Tasas de transferencia hasta 7.7 MB/s (HS488).
- Compatible con buses USB de alta velocidad.
- Compatible con puertos USB 1.X a máxima capacidad.
- No requiere cable para la instalación con el instrumento, su instalación y configuración es plug&play.
- Incluye plataforma de programación para Windows, Mac OSX y Linux®
- Compatible con RoHS y completa compatibilidad con el estándar IEEE 488.2
- No requiere fuente externa.
- Construido con un cable USB de 2m.

3.6.- MODELO DE INTERCAMBIO INSTRON (CONTROL GPIB)

El modelo de intercambio de un equipo INSTRON que satisface el estándar IEEE-488.2, incluye a los siguientes componentes:

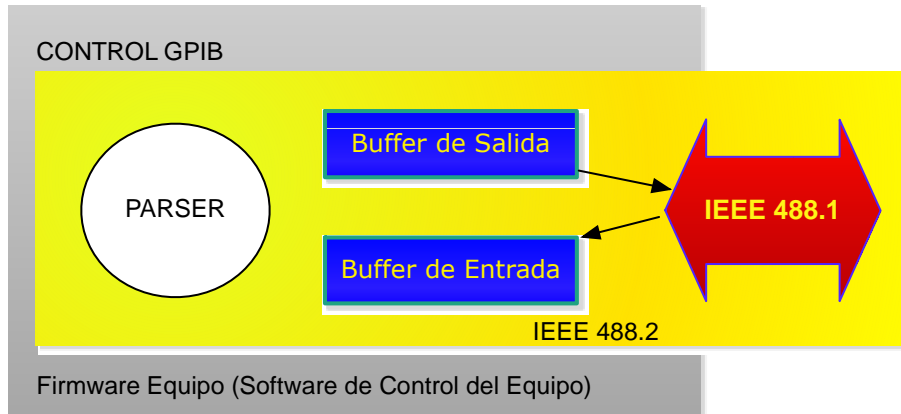


FIGURA 3-5. Componentes del Modelo de Intercambio

Parser: Es el controlador interno del equipo que interpreta los mensajes completos almacenados en el buffer de entrada, los ejecuta, y en caso de que sean de requerimiento, deposita en la cola de salida los datos que resulten.

Buffer de entrada: Es el área de memoria en la que las órdenes y requerimientos de entrada son almacenadas, antes de que sean interpretadas y ejecutadas por el Parser. El buffer de entrada, permite que el equipo controlador del instrumento, almacene en el buffer un carácter conteniendo una o varias órdenes que llevan un cierto tiempo ser ejecutadas, y mientras esto ocurre pueda realizar otras operaciones con otros equipo.

Buffer de salida: Es el área de memoria en el que los datos de salida (mensajes de salida) son almacenados en espera de que el controlador decida leerlos.

Los mensajes que se pueden enviar hacia el equipo dependen de cada fabricante, en el caso de la INSTRON los define como mensajes de programa que se analizan a continuación.

3.6.1.- MENSAJES DE PROGRAMA

Los Mensajes de Programa son comandos enviados hacia la máquina INSTRON para realizar operaciones y pedir reportes que se pueden ejecutar desde el Panel Frontal. El mensaje es transferido típicamente hacia el sistema de pruebas usando una instrucción en la salida de un controlador especificando la dirección del equipo como Instron 1011.

El Mensaje de Programa es una cadena de caracteres ASCII con un terminador. Cada mensaje puede contener uno o más comandos, por ejemplo:

K0K13,1K4R15(Lf)

Donde:

K0 es el primer mensaje, un comando.

K13,1 es el segundo mensaje, un comando y un valor de comando.

K4 es el tercer mensaje, un comando.

R15 es el cuarto mensaje, una petición de reporte.

(Lf) es el terminador del mensaje.

Los Mensajes de Programa consisten de una cabecera seguida de un número de comando que especifica una acción en particular. Algunos comandos requieren valores de comando numéricos que se ubican después del número de comando separados por una coma (,). La cabecera de comando es una letra mayúscula, una letra por cada tipo de comando. La cabecera de comando sirve para separar los comandos en los Mensajes de Programa y para indicar el tipo de comando.

La siguiente tabla muestra los caracteres válidos que pueden ser usados en Mensajes de Programa:

CABECERAS DE COMANDO	NUMEROS DE COMANDO	PARÁMETROS DE COMANDO	SEPARADOR DE COMANDO	TERMINADOR DE COMANDO
K R L T M C	1234567890	1234567890 (signo menos) (punto decimal) E (delimitador exponente)	, (coma)	Lf (Line Feed, ASCII 0A ₁₆) END (EOI insertado en el último byte de datos).

TABLA 3-1. Estructura Mensajes de Programa.

El formato de un Mensaje de Programa es el siguiente:

$$H\#[,cv[E]] (Lf)$$

Donde:

H = Cabecera de Comando

= Número de Comando

, = Separador de Comando

cv = Valor del Comando

E = Delimitador Exponencial

(Lf) = Terminador de Mensaje

Los caracteres [] son usados para denotar campos de parámetros adicionales, éstos no son parte del Mensaje de Programa. Un Mensaje de Programa debe contener un terminador a continuación del último comando en el mensaje.

De los caracteres que aparecen en el Modelo 1011, los elementos básicos están codificados en código ASCII de siete bits, equivalente al código ISO de siete bits (NL es el mismo código que LF=0A Hex.). El bit menos significativo del código es la línea DIO1, y el más significativo es el de la línea DIO7. El bit

de la línea DIO8 es ignorado por el equipo en la recepción y es 0 cuando el equipo está enviando información en código ASCII.

3.6.1.1.- Cabeceras

Las cabeceras son usadas para marcar el inicio de un comando en un Mensaje de Programa. La interfaz del computador del Modelo 1011 emplea cabeceras que consisten de una sola letra mayúscula. Todas las letras mayúsculas a excepción de la E están reservadas para este propósito.

Las cabeceras del menú de comandos son las siguientes:

K	Programa	(Acción o Parámetro)
R	Reporte	(Pedido de Reporte)
L	Lazo	(Pedido de Reporte)
M	Modo	(Pedido de Reporte)
T	Tiempo	(Pedido de Reporte)
C	Identificación del Firmware	

3.6.1.1.1- Cabecera K

Las cabecera K identifica un comando de programa. Esto provoca que el equipo realice una acción que el operador podría realizar normalmente presionando las teclas del Panel Frontal del Modelo 1011. Por ejemplo:

⌘3 Inicia el movimiento del cabezal hacia arriba.

3.6.1.1.2- Cabecera R

Las cabecera R identifica un pedido de reporte. Este pedido indica al equipo escribir un dato específico al computador en un mensaje de medición. Por ejemplo:

R0 Pide el reporte del estado del cabezal.

3.6.1.1.3- Cabecera L

Las cabecera L identifica un comando de lazo. Esta cabecera modifica el pedido de reporte anterior, especificando que este reporte debe enviarse un cierto número de veces. Usualmente se lo usa junto a la cabecera T.

Si únicamente el comando L o L1 es recibido en el mensaje de programa, solo una medición es enviada y cualquier comando T es ignorado. Si un comando L es recibido con un valor de comando entre 1 y 65535, el reporte es repetido ese específico número de veces. Si L0 es recibido, el reporte se repite indefinidamente.

Si se envía más de un comando L, solo el último es el que tomará efecto, el enviar un L1 como único comando de pedido de reportes cancelará todos los reportes actuales.

3.6.1.1.4- Cabecera T

Las cabecera T identifica un comando de tiempo. Esta cabecera modifica el pedido de reporte anterior especificando que estos reportes deben ser enviados en un cierto intervalo de tiempo. El periodo del comando es el valor del comando multiplicado por la tasa de muestreo de 50 ms. Si no se incluye la cabecera T, o se incluye T0 o T1 el equipo enviará el reporte cada 50 ms. Para la cabecera T2 el equipo generará el reporte cada 100 ms, etc. El

máximo valor de comando es 65535. Si se envía mas de un comando T, solo el último recibido se tomará en cuenta.

Por ejemplo:

R0L10T20

Donde R0 es una petición del estado del cabezal, que debe ser repetido 10 veces (L10) en intervalos de 1s (T20 = 20 x 50 ms = 1s).

3.6.1.1.5- *Cabecera M*

Las cabecera M identifica un comando de modo. Esta cabecera especifica la codificación de los mensajes de medición requeridos en respuesta al comando de pedido de reporte. Si M no se incluye, o si se envía M0, el equipo se configura en modo de envío ASCII y envía todos los mensajes en código ASCII. Si M1 es enviado, el equipo se configura en modo de envío BINARIO y enviará en código binario todos los reportes que sean soportados en este modo.

3.6.1.2.- **Transmisión de Mensajes de Programa**

El equipo Instron 1011 AMTS no ejecuta ningún comando en un mensaje de programa hasta que recibe el mensaje de terminación. Una vez recibido este terminador el equipo ejecuta los comandos en el orden que fueron recibidos.

Por ejemplo:

K0K13,1(LF)

El mensaje de programa es transmitido de izquierda a derecha. Una vez que el equipo recibe el terminador, se ejecuta la siguiente secuencia:

El cabezal se detiene (K0).

La velocidad es configurada a 1 in/min (K13,1) (asumiendo que se encuentra configurado a usar el sistema de unidades US).

Si existe un error en el formato, el bit de error de sintaxis se pondrá en 1 en el Status Byte. Si un mensaje de programa no puede ser ejecutado, o si se utilizó un valor de comando ilegal, el bit de Error de Programa se pondrá en 1 en el Status Byte.

En el caso de que los Comandos de Programa y los comandos de Pedido de Reporte sean enviados en el mismo mensaje, los comandos de Programa son procesados antes que los pedidos de reporte, sin importar el orden en que hayan sido enviados.

3.6.1.3.- Comandos de Programa

Existen dos tipos de comandos de programa: Comandos de Acción y Comandos de Parámetros.

3.6.1.3.1- Comandos de Acción

Un comando de acción consiste en solo el comando de cabecera K y el número del comando, no requiere un valor de comando. Este tipo de comandos producen una acción inmediata. Por ejemplo:

- K0 Detiene el cabezal
- K1 Regresa el cabezal a la posición de origen

3.6.1.3.2- Comandos de Parámetros

Un comando de parámetros consiste en el comando de cabecera K, el número del comando y un valor de comando asociado. Este tipo de comando produce cambios en los parámetros en el equipo. Por ejemplo:

- K13 , 20 Configura la velocidad a 20 in/min (asumiendo US).
- K13 , 20 . Configura la velocidad, usando parámetro decimal.

K13 , 2E1 Configura la velocidad, usando notación exponencial.

3.6.1.4.- Comandos de Petición de Reportes

Los comandos de petición de reportes piden al equipo que envíe al computador un mensaje de medición específico. Cuando el equipo recibe un comando de petición de reportes, éste ensambla la información requerida en un buffer. El equipo entonces, envía el reporte en forma de Mensaje de Medición al computador.

Los Comandos de Petición de Reportes son enviados dentro de los Mensajes de Programa y pueden ser enviados solos o junto con otros Comandos de Programa. Se pueden seleccionar hasta diez puntos diferentes de reporte para una respuesta de un mensaje de medición. También se puede especificar si el reporte debe enviarse repetitivamente, periódicamente o indefinidamente.

3.6.1.4.1- Comando Básico

Un comando básico de petición de reporte consiste de un comando de cabecera R y un número de comando. Este tipo de comando solicita un solo mensaje de medición. Por ejemplo:

R27 Solicita al equipo enviar el parámetro de velocidad del cabezal.

3.6.1.4.2- Comando Modificado

Un comando modificado de petición de reporte consiste de un comando de cabecera R y un número de comando seguido de cualquier comando modificador. Este comando puede ser modificado para que envíe un cierto número de mensajes de medición, en ciertos intervalos y en formato ASCII o binario. Por ejemplo:

R0L10T50

Solicita al equipo enviar la información de estado del cabezal (R0) repetido 10 veces (L10) en intervalos de 2.5 segundos (T50 = 50x50 ms).

3.6.1.5.- Mensajes de Medición

Los mensajes de medición son enviados por el equipo Instron 1011 en respuesta a una petición de reporte del computador. Cuando el equipo recibe la petición de reporte, éste ensambla un mensaje de medición en el buffer. Cuando el mensaje de medición está listo para su transmisión, el equipo coloca en 1 el bit Report Ready en el Status Byte. Entonces el equipo transmite el mensaje. Esto ocurre típicamente cuando una instrucción de entrada es ejecutada. Si el computador no lee el mensaje de medición para el tiempo que un nuevo mensaje es recibido, el mensaje previo se sobrescribe.

3.6.1.5.1- Estructura del Mensaje

El mensaje de medición es un arreglo de bytes de datos que pueden consistir de cabeceras, campos de datos, separadores de datos y un terminador. Los Campos de Datos pueden contener números ASCII, números binarios, o texto ASCII. Un mensaje de medición puede obtener uno o más resultados de reporte, por ejemplo:

54.32,5.405,1(Lf/Eoi)

Donde:

54.32 es el primer reporte

5.405 es el segundo reporte

1 es el tercer reporte

(Lf/EOI) es el terminador.

Cada resultado de reporte es separado por una coma. El terminador de este mensaje es un caracter de fin de línea (Lf) junto con una señal de interfaz EOI en modo ASCII o la señal EOI en el último byte de datos en modo binario.

En modo binario, el mensaje completo de medición es precedido por los caracteres #I. Los datos binarios consisten de dos o cuatro bytes (1 byte = 8 bits). Los bytes de datos entonces pueden almacenar valores de binarios de 16 o 32 bits respectivamente.

DATOS NUMÉRICOS	DATOS DE TEXTO	DATOS BINARIOS	SEPARADORES	TERMINADORES
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 - (signo menos en el caracter inicial) . (punto decimal) E (exponente)	A a la Z mayúsculas y minúsculas. *(asterisco) /(slash) % (porcentaje)	#I precede el mensaje binario	, (coma) " (antes y después de un dato de texto)	Lf (Line feed ASCII OA ₁₆) END (EOI insertado en el último byte de datos)

TABLA 3-2. Estructura Mensajes de Medición.

3.6.1.5.3- Muestreo

El equipo Instron 1011 tiene una tasa de muestreo básica de 50 ms. Las lecturas son convertidas en formato digital y puestas a disponibilidad para el sistema de visualización o los mensajes de medición a la tasa de muestreo. Si el mensaje de medición no se lee antes de que el siguiente mensaje sea enviado, éste será sobrescrito.

Algunos comandos de petición de reporte pueden medir el rendimiento de la transmisión de mensajes en la interfaz. El comando R0 indica si uno o mas reportes fueron perdidos desde la última petición R0. El comando R1 reporta

el tiempo, en incrementos de 50 ms, desde que el último reporte fue enviado. Este tiempo regresa a cero cuando una nueva petición de reporte es recibida.

El equipo también puede reportar el tiempo en que toma cada ciclo de conversión A-D. Los comandos R32 y R33 reportan el tiempo del ciclo de conversión A-D asociado con un reporte. Eso es el tiempo transcurrido, en incrementos de 1 ms, desde la inicialización del sistema hasta la terminación del ciclo de conversión A-D asociado. Un programa puede determinar el número de reportes perdidos comparando el tiempo asociado al ciclo de conversión A-D con los reportes transmitidos antes y después de la aparición de un mensaje perdido.

3.7.- ESPECIFICACIONES DE REQUERIMIENTOS

3.7.1.- INTRODUCCIÓN

Como parte inicial de la metodología de desarrollo de software escogida, Programación Extrema, se debe especificar los requerimientos del cliente que en este caso es el Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros (CIAP) con respecto a la funcionalidad que esperan del software que va a ser desarrollado; producto del análisis del proceso, manuales de operación y entrevistas con el personal del centro se resumieron en las especificaciones desarrolladas a continuación.

3.7.2.- ÁMBITO

El software Instron 1011AMTS se desarrolla para suplir la necesidad del Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros (CIAP) de tener una interfaz gráfica para el control y análisis de muestras.

El CIAP ha considerado como funcionalidades esenciales del sistema las detalladas a continuación:

- Ejecución de Pruebas
- Administrar Geometría
- Almacenar Información
- Reportes
- Gráficos
- Impresión y Exportación Datos

3.7.3.- USUARIOS

En el software Instron 1011AMTS interviene únicamente un tipo de usuario:

Usuario Operador:

Este usuario es el encargado de crear la nueva muestra, configurar el equipo para el tipo de prueba que desea realizar, ejecutar la prueba y analizar los resultados generados.

3.7.4.- ESPECIFICACIONES FUNCIONALES

Las especificaciones funcionales son un conjunto de características que el software a desarrollarse debe cumplir para reemplazar al sistema usado anteriormente.

Estos requerimientos se han dividido en 2 grupos:

- GRUPO PRIORIDAD 1: Este grupo debe desarrollarse primero y corresponde a la funcionalidad del software original.

- GRUPO PRIORIDAD 2: Este grupo debe desarrollarse al final y corresponde a la nueva funcionalidad que se va a agregar al software.

No.	Descripción	Prioridad
1	Configurar tipo de prueba.	1
2	Configurar tipo de control de máquina.	1
3	Configurar geometría de la muestra.	1
4	Configurar etiquetas de la muestra.	1
5	Configurar velocidad cabezal	1
6	Configurar criterios de fin de experimento.	1
7	Configurar criterios de detener cabezal.	1
8	Configurar tasa de muestreo.	1
9	Configurar reporte.	1
10	Configurar gráficos.	1
11	Configurar cálculos y parámetros de cálculos.	1
12	Imprimir reportes y gráficos de prueba	1
13	Ejecutar prueba	1
14	Guardar prueba	2
15	Recuperar prueba	2
16	Exportar a Microsoft Excel los datos crudos obtenidos	2

TABLA 3-3. Especificaciones Requerimientos Funcionales.

3.7.5.- DIAGRAMAS UML

Siguiendo la metodología de Programación Extrema, escogida para el desarrollo de la aplicación que reemplazará a la interfaz Hombre-Máquina anterior, se tiene que modelar los requerimientos definidos en la etapa previa.

Para este proceso de modelado, la metodología utiliza herramientas UML. En primer lugar se especificarán los diagramas y tablas de Casos de Uso de cada requerimiento especificado en la etapa previa.

3.7.5.1.- Casos de Uso

3.7.5.1.1.- Configurar Tipo de Prueba

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU001
NOMBRE	Configurar tipo de prueba
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador especifica el tipo de prueba que se va a realizar de entre cuatro posibilidades: Tensión, Compresión, Flexión y Fibra. Este proceso requiere que el usuario especifique la etiqueta y descripción del método que se va a realizar y que se especifique el tipo de control que se va a realizar sobre el equipo.
PRECONDICIÓN	N/A
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	Operador – Presiona el combo box llamado tipo de prueba y escoge el registro correspondiente a la prueba que va a realizar. Operador – Ingresa por medio del teclado el texto correspondiente a la etiqueta del método que se va a realizar.

	<p>Operador – Ingresa por medio del teclado el texto correspondiente a la descripción del método en la casilla correspondiente.</p> <p>Operador – Presiona el combo box llamado control de máquina y escoge el registro correspondiente al tipo de control que desea utilizar.</p>
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-4. Tabla de Caso de Uso Configurar Tipo de Prueba

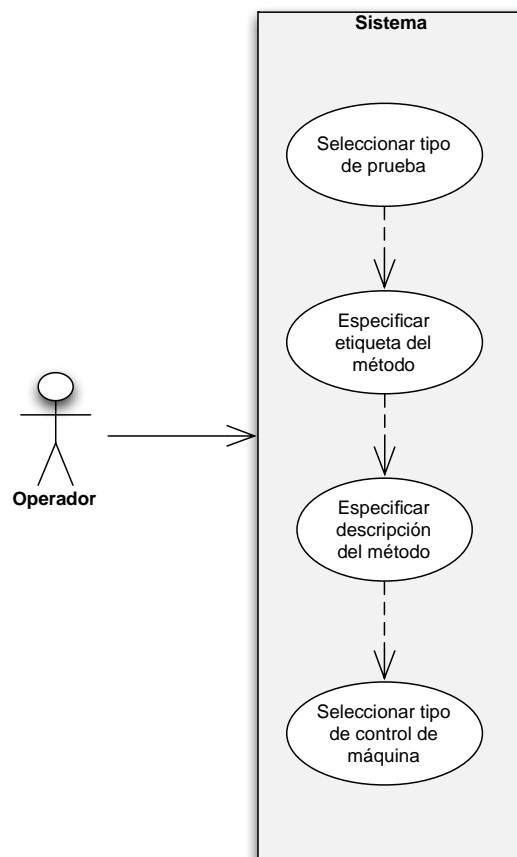


FIGURA 3-6. Diagrama Caso de Uso Configurar Tipo de Prueba

3.7.5.1.2.- *Configurar Geometría*

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU002
NOMBRE	Configurar geometría
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador especifica el tipo de geometría y las dimensiones de la muestra.
PRECONDICIÓN	N/A
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	<p>Operador – Ingresa por medio del teclado el texto correspondiente al tipo de muestra que se va a examinar.</p> <p>Operador – Presiona el combo box llamado geometría y escoge el tipo de geometría que tiene la muestra a examinar.</p> <p>Operador – Ingresa el valor de las dimensiones correspondientes a la muestra.</p>
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-5. Tabla de Caso de Uso Configurar Geometría

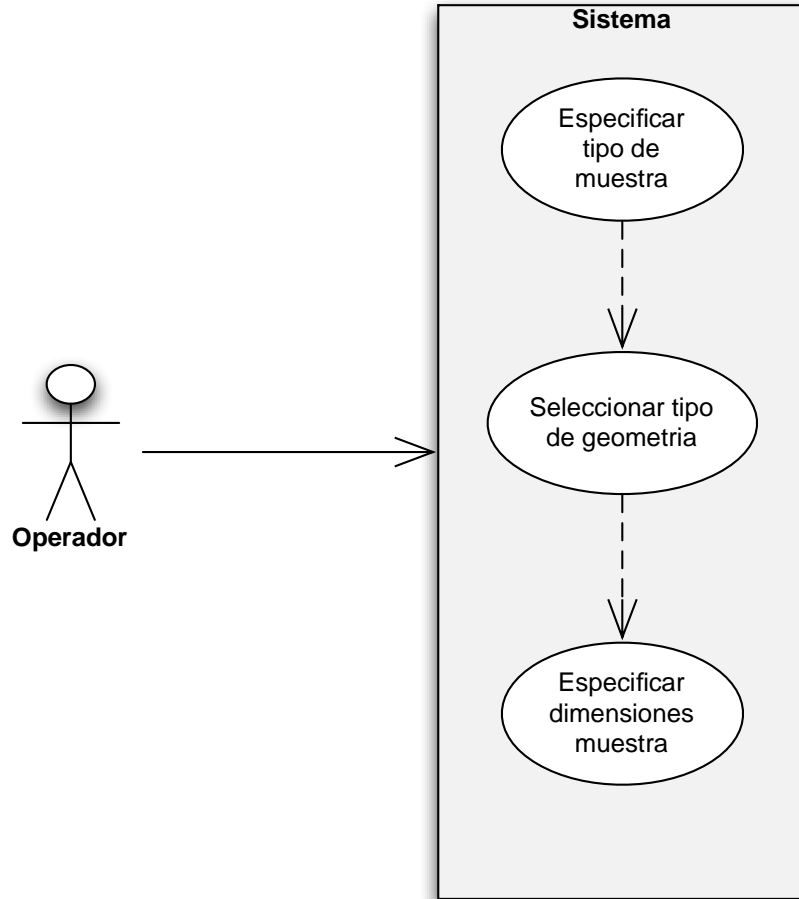


FIGURA 3-7. Diagrama Caso de Uso Configurar Geometría

3.7.5.1.3.- *Configurar Velocidad*

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU003
NOMBRE	Configurar velocidad
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador especifica la velocidad del cabezal y sus posibles cambios durante la prueba.
PRECONDICIÓN	Control de Maquina configurado en Estándar o Relajación.
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	<p>Operador – Ingresar el valor de la velocidad del cabezal durante la prueba.</p> <p>Operador – Si desea el operador puede especificar que se cambie la velocidad una vez se haya cumplido una condición.</p> <p>Operador – Se especifica el punto en el que se desea que cambie la velocidad.</p> <p>Operador – Especifica en el campo llamado segunda velocidad la velocidad que va a tomar después de alcanzada la condición previa.</p>
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-6. Tabla de Caso de Uso Configurar Velocidad

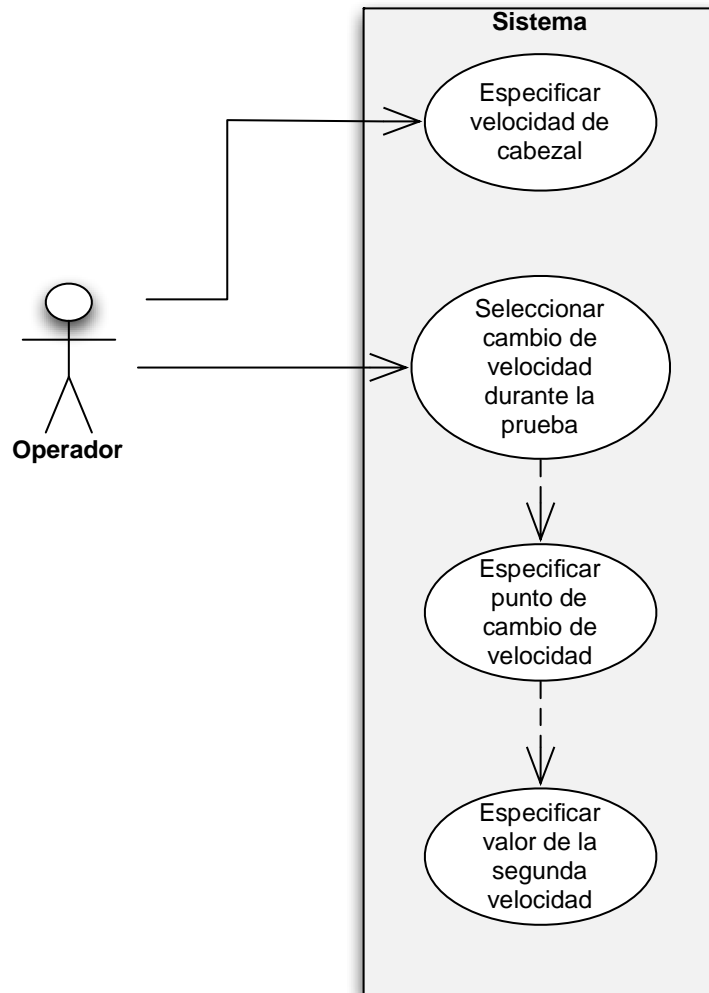


FIGURA 3-8. Diagrama Caso de Uso Configurar Velocidad.

3.7.5.1.4.- *Configurar Fin De Experimento*

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU004
NOMBRE	Configurar fin de experimento
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador especifica los parámetros para detectar el fin del experimento, basado en los valores de nivel de carga, desplazamiento máximo y carga máxima.
PRECONDICIÓN	Control de Maquina configurado en Estándar o Relajación.
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	<p>Operador – Especifica el tipo de detección que se desea utilizar, el usuario puede escoger entre: Cambio de Carga o Retardo de tiempo.</p> <p>Operador – Especifica el nivel de carga que se usará como parámetro del algoritmo de detección de fin de experimento.</p> <p>Operador – Especifica el valor máximo que puede tomar la carga durante la prueba.</p> <p>Operador – Especifica el valor máximo que puede tomar el desplazamiento durante la prueba.</p>
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-7. Tabla de Caso de Uso Configurar Fin de Experimento.

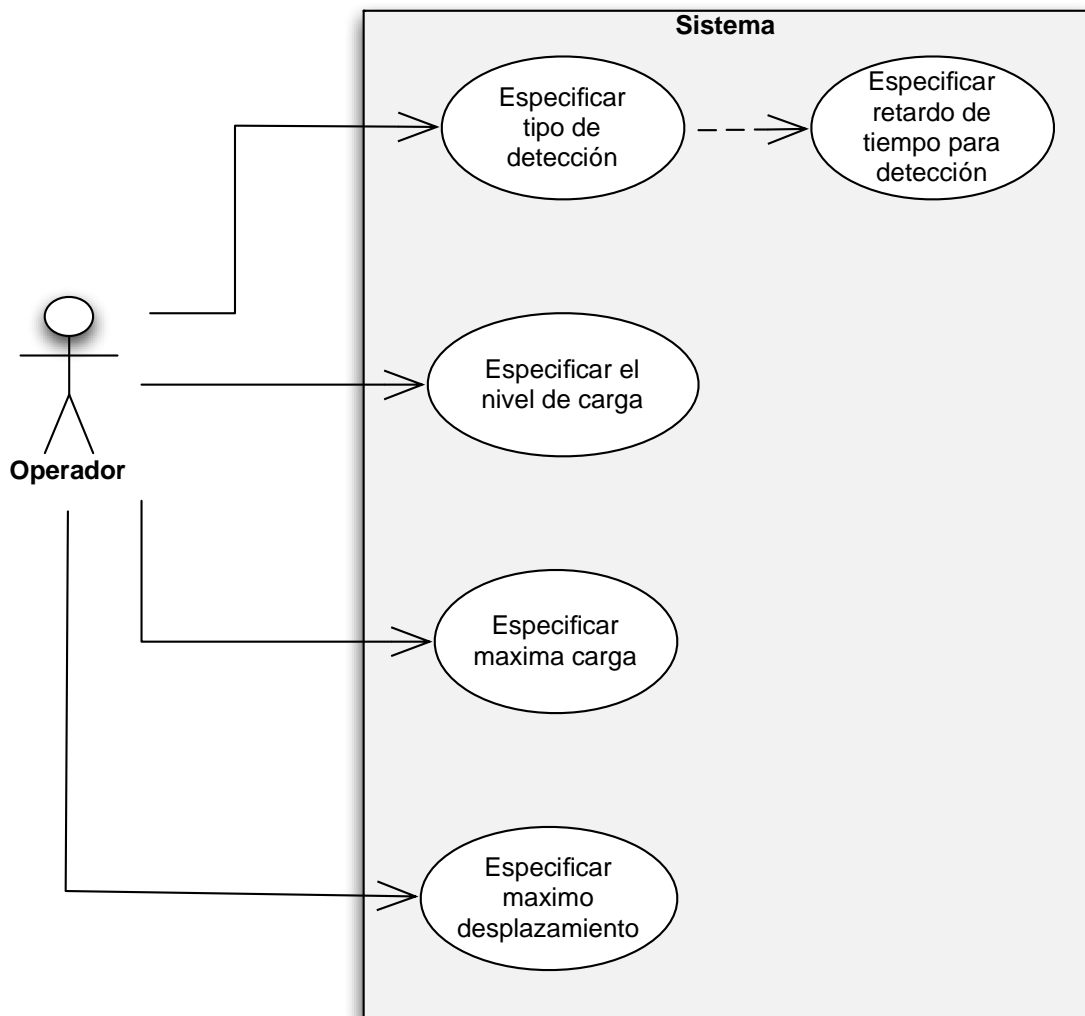


FIGURA 3-6. Diagrama Caso de Uso Configurar Fin de Experimento.

3.7.5.1.5.- *Configurar Detener Experimento*

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU005
NOMBRE	Configurar detener experimento
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador especifica la acción a tomar una vez que se detectó el fin del experimento y la opción de detener el cabezal durante la prueba.
PRECONDICIÓN	Control de Maquina configurado en Estándar o Relajación.
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	<p>Operador – Especifica que acción del cabezal debe tomarse una vez que se detecto el fin del experimento, las opciones disponibles son: Detener, Regresar y Detener, luego Regresar.</p> <p>Operador – Habilita o deshabilita la opción de detener el cabezal durante la prueba.</p> <p>Operador – Especifica el tipo de la variable que se va a usar para especificar el punto en el que se va a detener el cabezal durante la prueba.</p> <p>Operador – Especifica el valor de la variable que se va a usar para especificar el punto en el que se va a detener el cabezal durante la prueba.</p> <p>Operador – Especifica el tiempo que va a permanecer detenido el cabezal durante la prueba.</p>
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-8. Tabla de Caso de Uso Configurar Detener Experimento

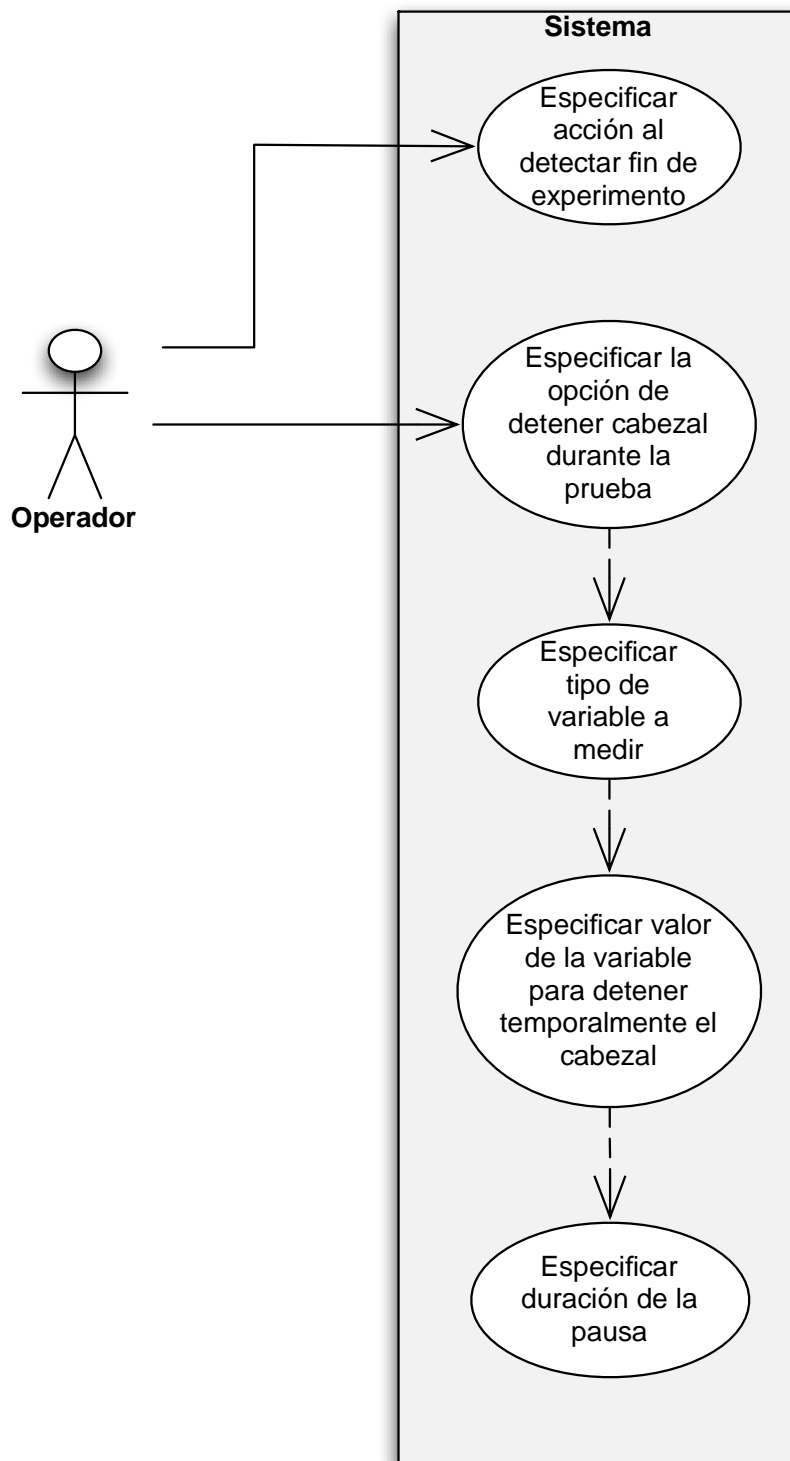


FIGURA 3-7. Diagrama Caso de Uso Configurar Detener Experimento.

3.7.5.1.6.- *Configurar Tasa De Muestreo*

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU006
NOMBRE	Configurar tasa de muestreo
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador especifica la tasa de muestreo de datos requerida para la prueba.
PRECONDICIÓN	N/A
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	Operador – Ingresar el valor de la tasa de muestreo deseada durante la prueba.
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-9. Tabla de Caso de Uso Configurar Tasa de Muestreo

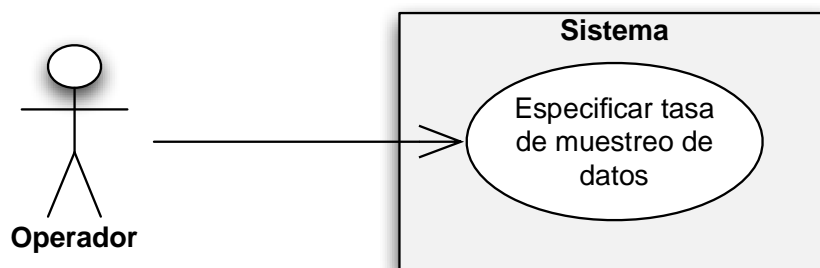


FIGURA 3-8. Diagrama Caso de Uso Configurar Tasa de Muestreo

3.7.5.1.7.- *Configurar Reportes*

PROPIEDAD	VALOR

CODIGO	CU007
NOMBRE	Configurar reportes
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador especifica la información que va a ser mostrada en el reporte.
PRECONDICIÓN	Debe existir al menos una muestra ensayada.
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	<p>Operador – Ingresar por medio del teclado el texto que va a ser colocado en la cabecera del reporte.</p> <p>Operador – Especifica el valor de la temperatura del espécimen y si se debe o no incluir en el reporte.</p> <p>Operador – Especifica el valor de la humedad del espécimen y si se debe o no incluir en el reporte.</p> <p>Operador – Especifica en el campo llamado análisis estadístico los cálculos posibles para aplicar en los resultados obtenidos de las muestras ejecutadas.</p> <p>Operador – Inicializa la pantalla de reporte.</p>
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-10. Tabla de Caso de Uso Configurar Reportes

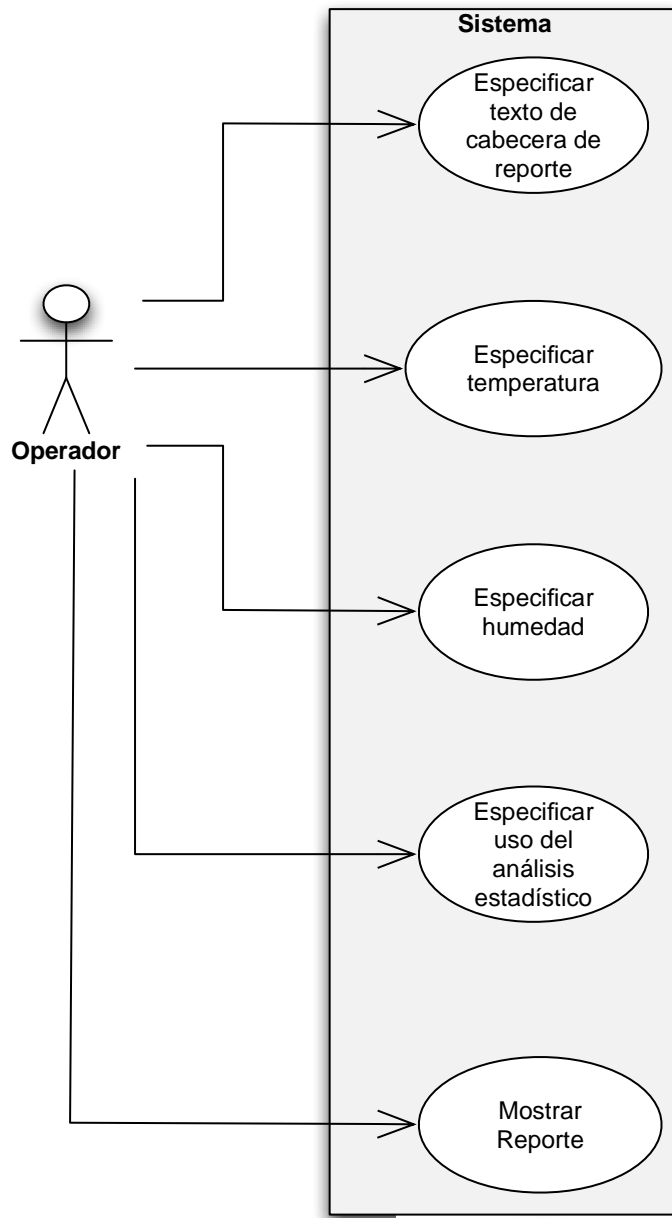


FIGURA 3-9. Diagrama Caso de Uso Configurar Reportes.

3.7.5.1.8.- *Configurar Gráficos*

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU008
NOMBRE	Configurar gráficos
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador especifica configuración de cómo van a ser mostrados los gráficos obtenidos de las pruebas.
PRECONDICIÓN	Debe existir al menos una muestra ensayada.
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	<p>6. Operador – Ingresar el valor del número de curvas que desea que se muestren por pantalla.</p> <p>7. Operador – Habilita o deshabilita el dibujo de la curva en un espacio separado o en el mismo gráfico.</p> <p>8. Operador – Habilita o deshabilita el mostrar las líneas de construcción.</p> <p>9. Operador – Especifica que líneas de construcción desea visualizar junto con las curvas.</p> <p>10. Operador – Inicializa la pantalla de gráficos.</p>
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-11. Tabla de Caso de Uso Configurar Reportes

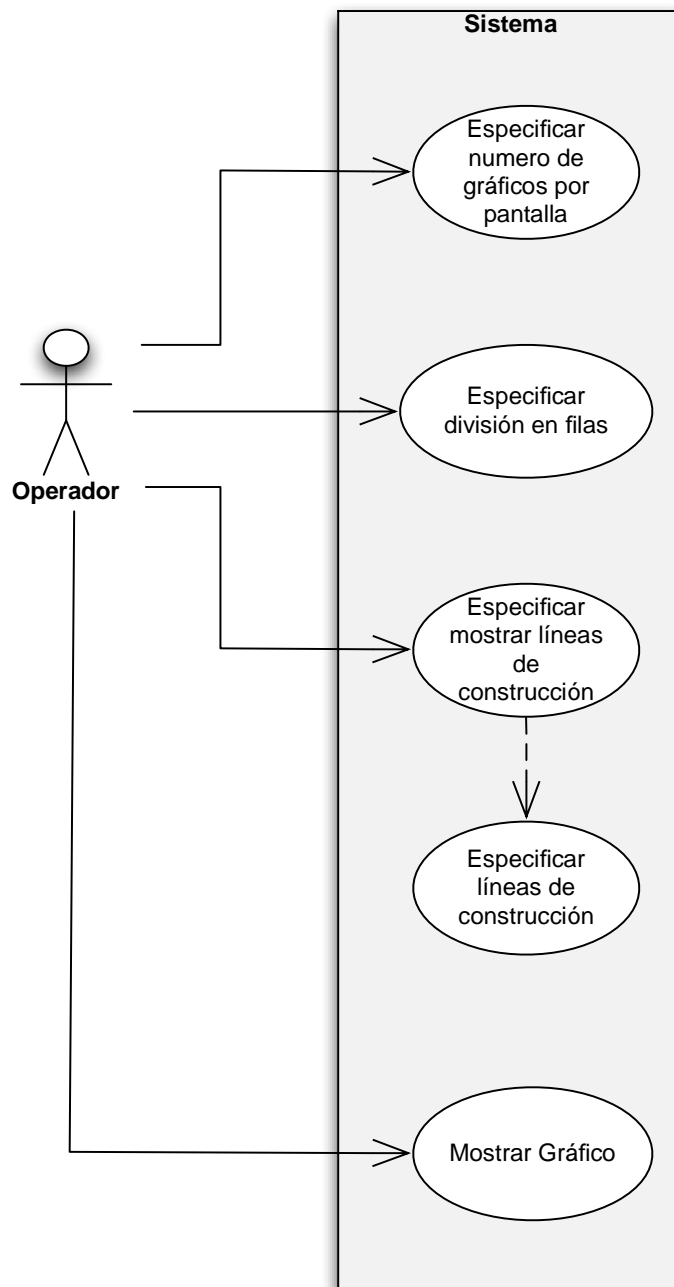


FIGURA 3-10. Diagrama Caso de Uso Configurar Gráficos

3.7.5.1.9.- *Configurar Cálculos*

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU009
NOMBRE	Configurar cálculos
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador especifica los cálculos que se realizarán sobre los datos obtenidos de las muestras ensayadas.
PRECONDICIÓN	N/A
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	Operador – Selecciona el cálculo que desea incluir de una lista proporcionada previamente. Operador – Habilita o deshabilita la inclusión de este cálculo en el reporte.
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-12. Tabla de Caso de Uso Configurar Cálculos

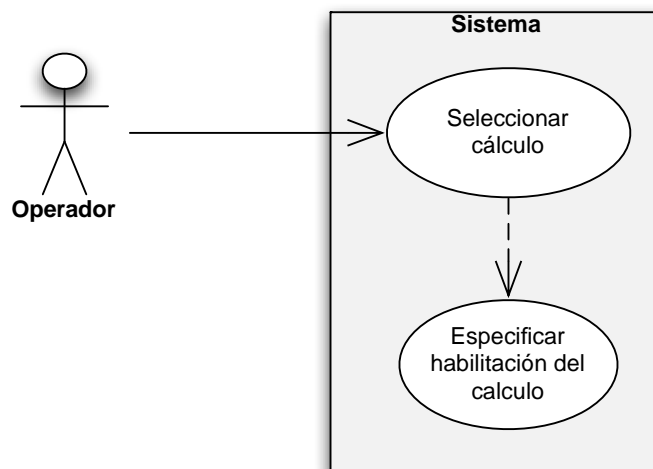


FIGURA 3-11. Diagrama Caso de Uso Configurar Cálculos

3.7.5.1.10.- *Configurar Parámetros De Cálculos*

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU010
NOMBRE	Configurar parámetros de cálculos
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador especifica los parámetros que se van a usar por los algoritmos para realizar los cálculos sobre las muestras ensayadas.
PRECONDICIÓN	Debe existir al menos una muestra ensayada.
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	<p>Operador – Especifica el número de la muestra cuyos parámetros se van a modificar, en el caso de configurar la muestra antes de ejecutarla seleccionar “Actual”.</p> <p>Operador – Especifica el tipo y el valor del parámetro requerido para calcular el punto de rotura del espécimen.</p> <p>Operador – Especifica el tipo y el valor del parámetro requerido para calcular el punto de offset del espécimen.</p> <p>Operador – Especifica el tipo y el valor de los puntos entre los cuales se calculará el módulo de cuerda.</p> <p>Operador – Especifica el tipo y el valor de el punto usado para calcular el módulo secante.</p> <p>Operador – Especifica el tipo y el valor de el punto usado para calcular el módulo tangente.</p> <p>Operador – Especifica el tipo y el valor de los puntos entre los cuales se especificará la zona lineal de la muestra.</p> <p>Operador – Habilita o deshabilita la inclusión de la muestra seleccionada en los cálculos.</p>

TABLA 3-13. Tabla de Caso de Uso Configurar Parámetros de Cálculos

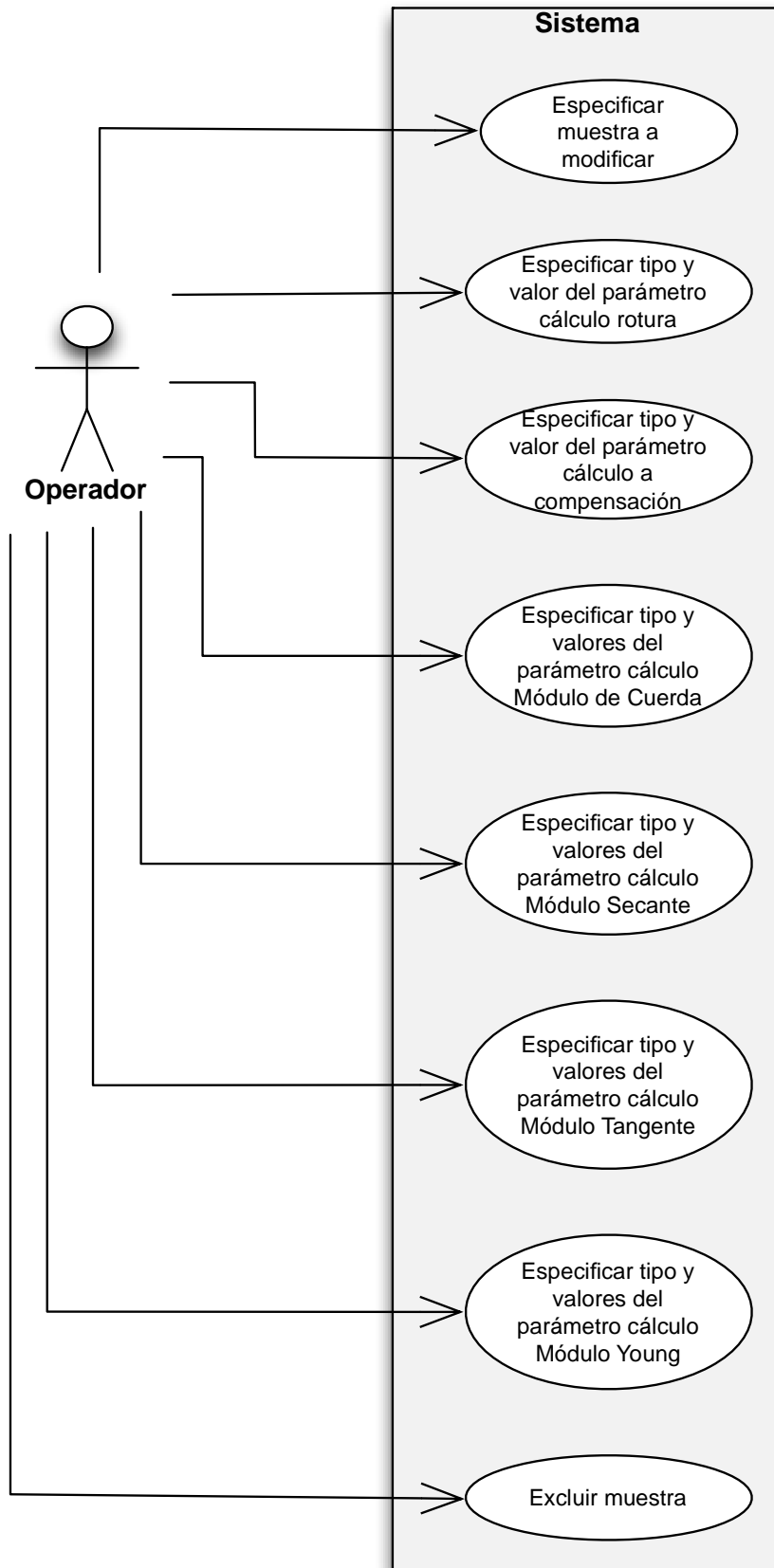


FIGURA 3-11. Diagrama Caso de Uso Configurar Parámetros de Cálculos

3.7.5.1.11.- Ejecutar Prueba

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU011
NOMBRE	Ejecutar Prueba
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador inicia el muestreo de datos y el movimiento del cabezal.
PRECONDICIÓN	Control de Maquina configurado en Estándar o Relajación. Etiqueta y Descripción de Método ingresados. Dimensiones de la muestra ingresados correctamente. Identificador de la muestra no repetido.
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	Operador – Ejecuta la acción de iniciar el movimiento del cabezal y el muestreo de datos presionando el botón INICIAR.

TABLA 3-14. Tabla de Caso de Uso Ejecutar Prueba.

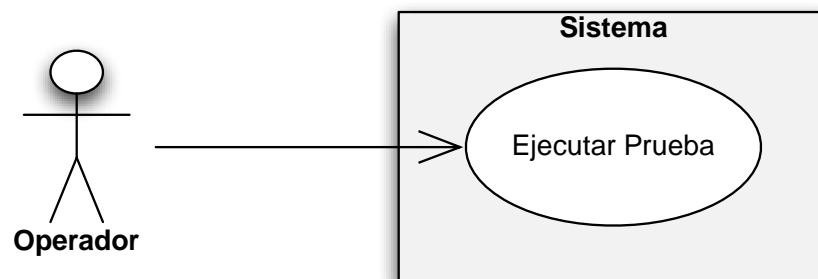


FIGURA 3-12. Diagrama Caso de Uso Ejecutar Prueba

3.7.5.1.12.- Guardar Prueba

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU012
NOMBRE	Guardar Prueba
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador guarda toda la información recolectada de las muestras evaluadas así como sus configuraciones.
PRECONDICIÓN	N/A
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	Operador – Ejecuta la acción de guardar la prueba actual presionando el botón GUARDAR o GUARDAR COMO.
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-15. Tabla de Caso de Uso Guardar Prueba

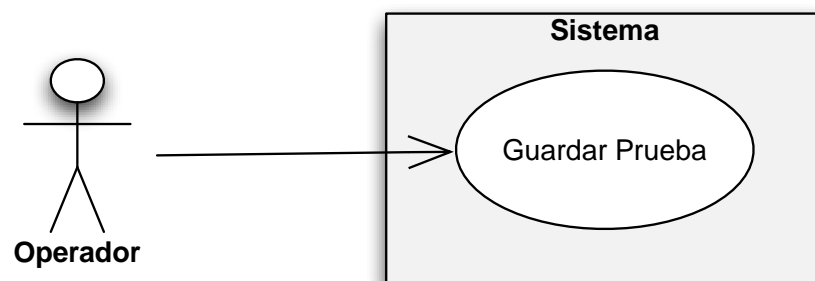


FIGURA 3-13. Diagrama Caso de Uso Guardar Prueba

3.7.5.1.13.- Abrir Prueba

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU013
NOMBRE	Abrir Prueba
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador recupera toda la información recolectada de las muestras evaluadas previamente así como sus configuraciones.
PRECONDICIÓN	N/A
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	Operador – Ejecuta la acción de guardar la prueba actual presionando el botón ABRIR.
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-16. Tabla de Caso de Uso Abrir Prueba

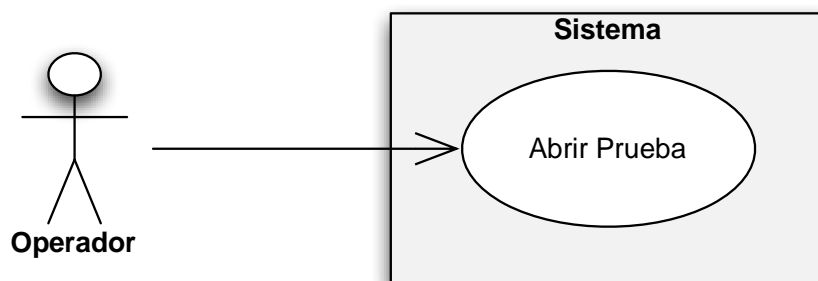


FIGURA 3-14. Diagrama Caso de Uso Abrir Prueba

3.7.5.1.14.- *Imprimir Resultados*

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU014
NOMBRE	Imprimir Resultados
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador imprime los resultados de las pruebas a manera de reporte o gráficos.
PRECONDICIÓN	Debe existir al menos una muestra ensayada.
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	Operador – Ejecuta la acción de imprimir el reporte presionando el botón IMPRIMIR REPORTE. Operador – Ejecuta la acción de imprimir los gráficos presionando el botón IMPRIMIR en la ventana de gráficos.
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-17. Tabla de Caso de Uso Imprimir Resultados

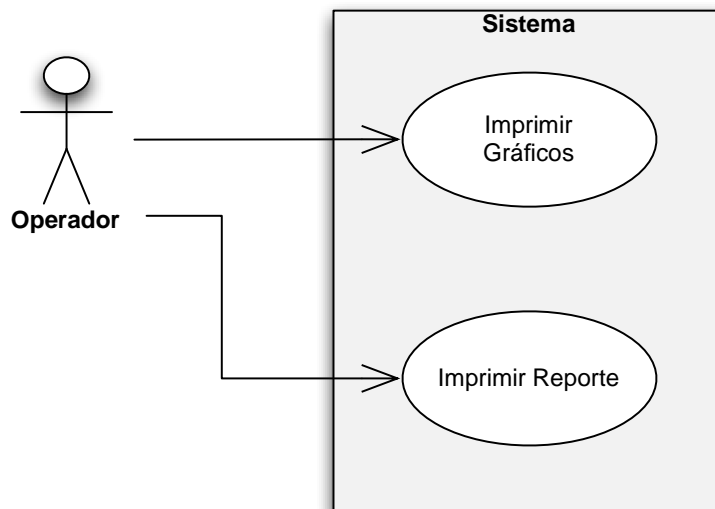


FIGURA 3-15. Diagrama Caso de Uso Imprimir Resultados

3.7.5.1.15.- *Exportar Resultados*

PROPIEDAD	VALOR
CODIGO	CU015
NOMBRE	Exportar Resultados
ACTORES	Operador
DETALLE	Proceso por el cual el Usuario Operador exporta la información de los datos crudos a un archivo MS Excel o la información del reporte a un archivo PDF.
PRECONDICIÓN	Debe existir al menos una muestra ensayada.
POSCONDICIÓN	N/A
FLUJO PRINCIPAL	Operador – Ejecuta la acción de exportar el reporte presionando el botón EXPORTAR PDF. Operador – Ejecuta la acción de exportar los datos crudos presionando el botón EXPORTAR EXCEL.
FLUJO ALTERNATIVO	N/A

TABLA 3-18. Tabla de Caso de Uso Exportar Resultados

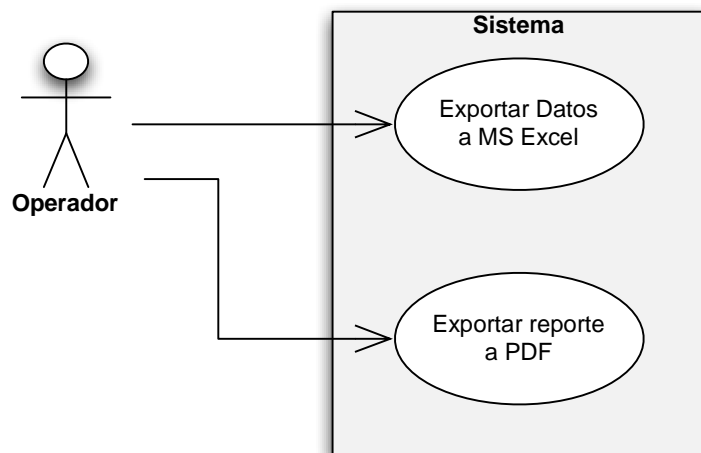


FIGURA 3-16. Diagrama Caso de Uso Exportar Resultados

CAPÍTULO IV:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN

4.1.- MODELO DEL SISTEMA

La aplicación INSTRON1011AMTS será el software que reemplazará a la interfaz original, esta aplicación se encuentra escrita en el lenguaje Python. Esta aplicación se encuentra desarrollada siguiendo el paradigma de orientación a objetos, para lo cual se han diseñado las siguientes clases con sus respectivos métodos y variables.

4.1.1.- DIAGRAMA DE CLASES

4.1.1.1.- Clase Instron1011AMTSClass

Este módulo se encarga de inicializar la pantalla que ejecuta el usuario. Además, implementa la lógica de funcionamiento detrás de cada uno de los elementos de la interfaz.

Esta clase se hereda de la clase QMainWindow perteneciente a las librerías de gráficos Qt; este es el espacio donde se coloca todo el diseño de la interfaz y su funcionamiento.

Instron1011AMTSClass
instrumentoInstron1011AMTS : pyVISA sistemaUnidades : int impresora pathArchivoEspecimen : string calculosDisponibles : dictionary calculosSeleccionados : dictionary listaParametros : list listaMuestras : list listaMuestrasExcluidas : list interrumpir : bool simulacion : bool numeroDeMuestra : int
Principal.configurarTabEspecimen() Principal.configurarTabData() Principal.configurarParametrosVelocidad() Principal.configurarParametrosParada() Principal.actualizarCalculosSeleccionados() Principal.obtenerUnidadesCargaActuales() Principal.obtenerUnidadesDesplazamientoActuales() Principal.obtenerUnidadesAreaActuales() Principal.obtenerUnidadesVolumenActuales() Principal.obtenerUnidadesVelocidadActuales() Principal.obtenerUnidadesModuloActuales() Principal.obtenerUnidadesEnergiaActuales() Principal.obtenerUnidadesDensidadLinealActuales() Principal.convertirUnidades() Principal.cambioRealizado() Principal.actualizarParametrosInstrumento() Principal.actualizarParametrosGenerales() Principal.agregarActualizarMuestra() Principal.recuperarInformaciónMuestra() Principal.obtenerNumeroMuestraActual() Principal.cambiarEstadoGPIB() Principal.habilitarInterfaz() Principal.buscarInterfaz() Abrir.abrirArchivoEspecimen() Abrir.leerArchivoEspecimen() Abrir.crearDiccDesdeArchivo() Abrir.iterarElementosInterfaz() Abrir.iterarElementosParametrosCalculos() Abrir.abrirBD() Calculos.calcularAreaTransversal() Calculos.calcularAreaSuperficial() Calculos.obtenerGalga() Calculos.obtenerAncho() Calculos.obtenerEspesor() Calculos.calcularPuntoRotura() Calculos.calculoAjusteMinimosCuadrados() Calculos.buscarRegionLineal() Calculos.calculoRectaCompensada() Calculos.buscarPuntoCompensación() Calculos.obtenerPuntosModuloCuerda() Calculos.obtenerPuntosModuloSecante() Calculos.obtenerPuntosModuloTangente() Calculos.finExperimento() Calculos.calculoMedia() Calculos.calculoMin() Calculos.calculoMax() Guardar.guardarArchivo() Guardar.guardarBD() Reportes.mostrarGrafico() Reportes.mostrarReporte() Reportes.generarReporte() Reportes.generarTablaHTML() Reportes.generarFilaCalculosEstadisticos() Reportes.generarTablaDimensionesHTML() Reportes.consultarDimensiones() Reportes.itemExcluido() Reportes.dibujarLineasCalculos() Ejecucion.leerGPIB() Ejecucion.escribirGPIB() Ejecucion.preguntarGPIB() Ejecucion.mensajeError() Ejecucion.ejecutarPrueba() Ejecucion.detenerCabezaTiempo() Ejecucion.obtenerDatosExperimentoSimulados() Ejecucion.obtenerDatosExperimento()

FIGURA 4-1. Clase Instron1011AMTSClass

4.1.1.2.- Clase Ui_Instron1011AMTSClass

Esta clase contiene la construcción de los botones, etiquetas, diálogos y ventanas de la ventana principal de la clase Instron1011AMTSClass.

Ui_Instron1011AMTSClass
gridLayout : QGridLayout
on_treeWidget_currentItemChanged() on_more_button_pressed() on_testMethod_currentIndexChanged() on_machineControl_currentIndexChanged() on_inputUnitType_currentIndexChanged() on_geometrySpecimen_currentIndexChanged() on_methodLabel_editingFinished() on_methodDescription_textChanged() on_methodDescription_textChanged() on_actionCrossheadStop_currentIndexChanged() on_crossheadSpeed_currentIndexChanged() on_machineStop_currentIndexChanged() on_speedChangedBy_currentIndexChanged() on_loadThreshold_currentIndexChanged() on_loadLevel_currentIndexChanged() on_timeDelay_valueChanged() on_highLoad_valueChanged() on_highExtension_valueChanged() on_limitType_currentIndexChanged() on_eraseBuffer_pressed() on_temperatureScale_currentIndexChanged() on_statisticalAnalysis_currentIndexChanged() on_temperatureToBeEntered_currentIndexChanged() on_humidityToBeEntered_currentIndexChanged() on_reportPreview_pressed() on_showConstructionLines_currentIndexChanged() on_launchGraphics_pressed() on_excluirMuestra_clicked() on_actionNew_triggered() on_actionSave_triggered() on_actionOpen_triggered() on_actionPrint_Report_triggered() on_actionReport_PDF_triggered() on_actionExport_Excel_triggered() on_actionPlay_triggered() on_actionStop_triggered() on_actionRetornar_triggered() on_actionAbout_Instron1011AMTS_triggered() on_actionSaveAs_triggered() on_actionQuit_triggered()

FIGURA 4-2. Clase UI_Instron1011AMTSClass

4.1.1.3.- Clase DialogoOperador

Esta clase se hereda de la clase QDialog provista por la librería de gráficos Qt; esta clase crea el dialogo que es usado por el usuario para indicar el nombre del operador y la identificación de la muestra.

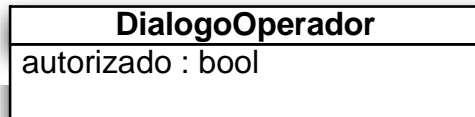


FIGURA 4-3. Clase DialogoOperador

4.1.1.4.- Clase DialogoReporte

Esta clase parte de QDialog; esta clase esta provista dentro de las librerías gráficas utilizadas y presenta un diálogo sobre el cual se muestra el reporte HTML generado.

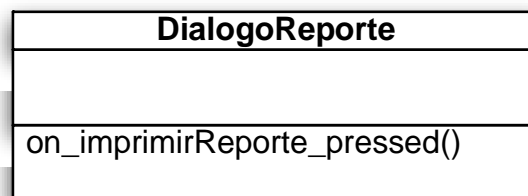


FIGURA 4-4. Clase DialogoReporte

4.1.1.5.- Clase DialogoInterfaces

Esta clase hereda de QDialog; esta clase crea el dialogo que muestra y permite que el usuario seleccione la interfaz GPIB que desea usar.

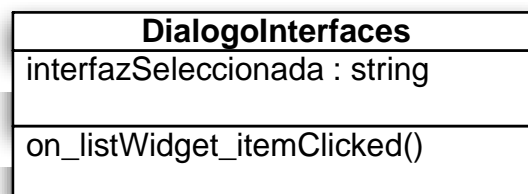


FIGURA 4-5. Clase DialogoInterfaces.

4.1.1.6.- Clase DialogoCreditos

Esta es una clase hija de QDialog; esta clase crea el dialogo que muestra al usuario los créditos del software.

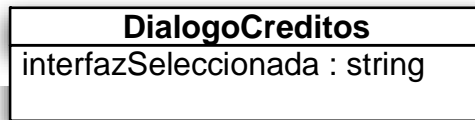


FIGURA 4-6. Clase DialogoCreditos

4.1.1.7.- Clase SelectorPuntos

Esta clase utiliza el modulo PYLAB para generar el gráfico respectivo definido por el número de muestra y el número de datos necesarios, y su actualización se realiza en base al tipo de parámetro ingresado.

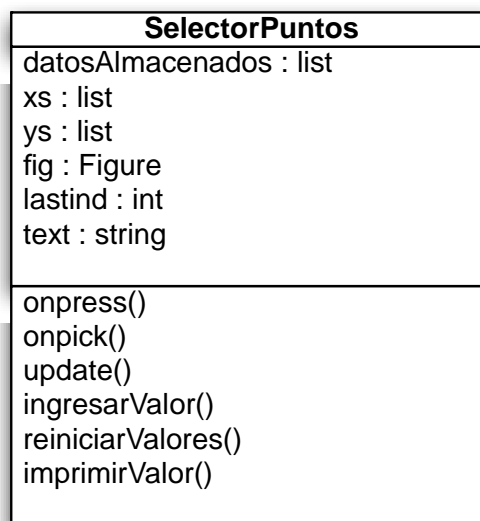


FIGURA 4-7. Clase SelectorPuntos

4.1.1.8.- Clase PlotterTiempoReal

Esta clase hereda de QDialog; esta clase crea el dialogo sobre el cual se va a llamar al motor grafico y, además muestra en botón de OK para que el usuario cierre el grafico.

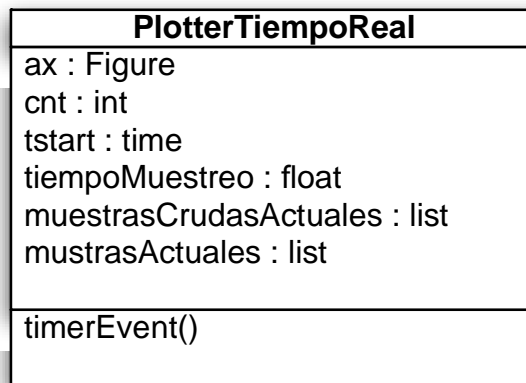


FIGURA 4-8. Clase PlotterTiempoReal

4.1.1.9.- Clase Ui_DialogoCreditos

Esta clase se encarga de la construcción de los botones, etiquetas y diálogo de la ventana de información de los créditos de la aplicación.



FIGURA 4-9. Clase Ui_DialogoCreditos

4.1.1.10.- Clase Ui_DialogoInterfaces

Esta clase tiene la función de crear los botones, etiquetas y diálogo de la ventana de información de los créditos de la aplicación.

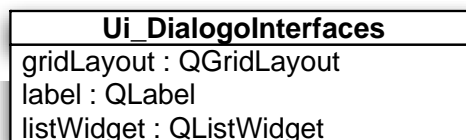


FIGURA 4-10. Clase Ui_DialogoInterfaces

4.1.1.11.- Clase Ui_DialogoReporte

Esta clase contiene la construcción de los botones, etiquetas y diálogo de la ventana de reporte.

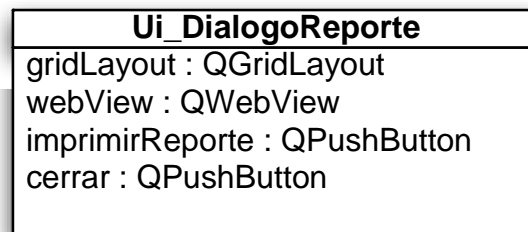


FIGURA 4-11. Clase Ui_DialogoReporte

4.1.1.12.- Clase Ui_OperatorDialog

Esta clase contiene la construcción de los botones, etiquetas y diálogo de la ventana en la que el operador ingresa el nombre e identificación de la muestra.

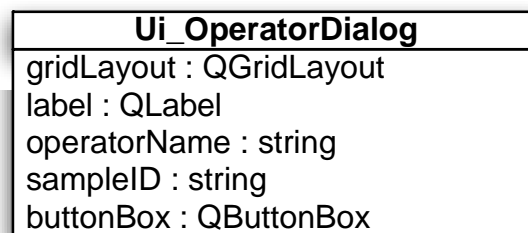


FIGURA 4-12. Clase Ui_OperatorDialog

4.1.1.9.- Diagrama de Clases

Todas las clases anteriormente detalladas se relacionan de acuerdo a lo indicado por el diagrama de clases que se indica en la Figura 4-13.

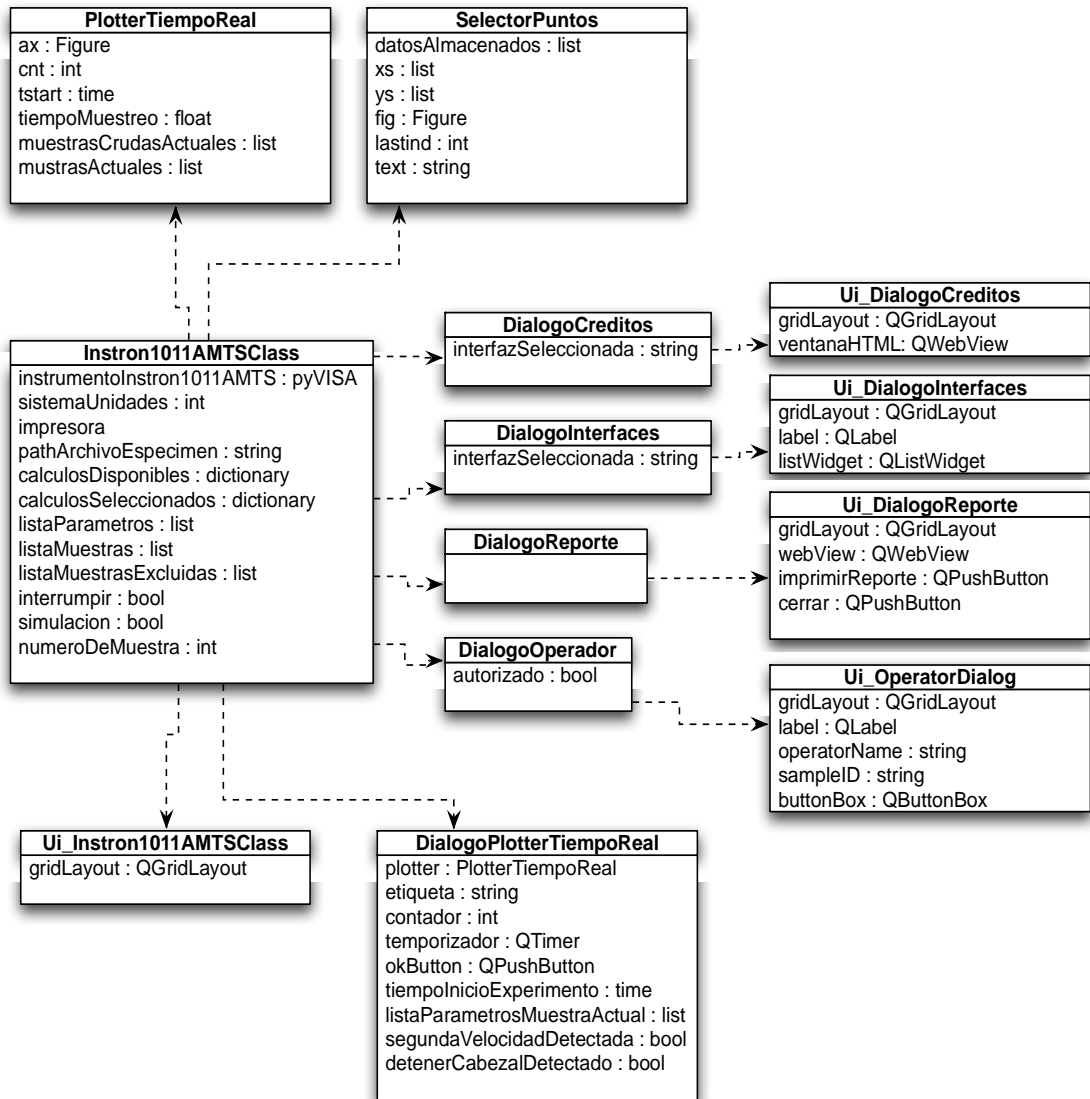


FIGURA 4-13. Diagrama de Clases Software INSTRON1011AMTS

4.1.2.- DIAGRAMAS DE SECUENCIA

Como parte de la metodología usada en este proyecto es necesario generar los documentos de diseño en formato UML para su implementación, en este caso, una vez explicados los casos de uso y los diagramas de clase es necesario especificar los diagramas de secuencia.

Un diagrama de secuencia muestra la interacción de las clases contenidas en una aplicación a través del tiempo y se modela para cada caso de uso. Mientras que el diagrama de casos de uso permite el modelado de una vista general de la aplicación, el diagrama de secuencia contiene detalles de implementación del software, incluyendo los métodos y clases que se usan para implementar la interfaz Hombre-Máquina, así como los mensajes intercambiados entre ellos.

4.1.2.1.- Configurar Tipo de Prueba

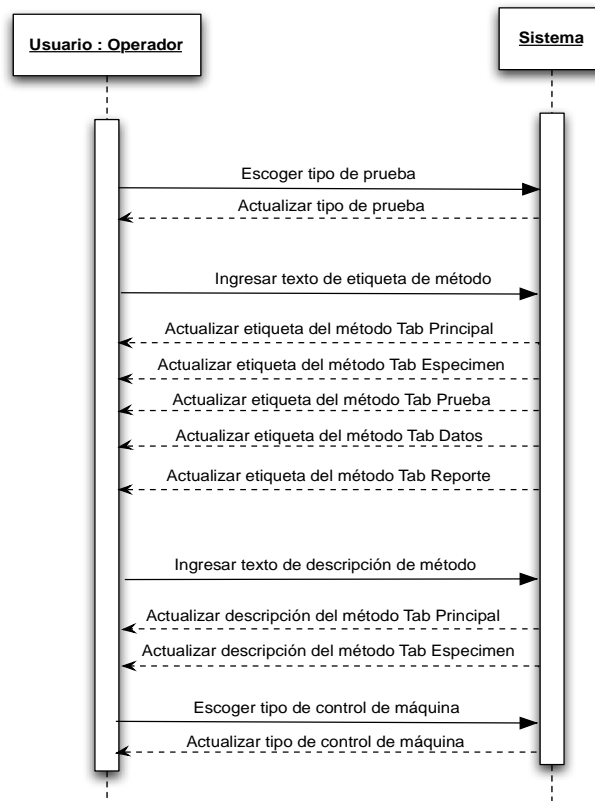


FIGURA 4-14. Diagrama de Secuencia CU001

4.1.2.2.- Configurar Geometría

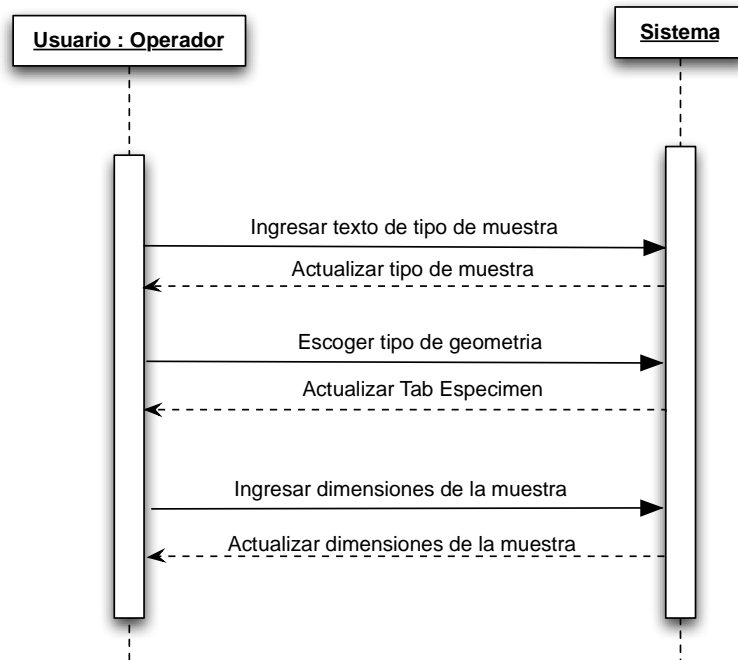


FIGURA 4-15. Diagrama de Secuencia CU002

4.1.2.3.- Configurar Velocidad

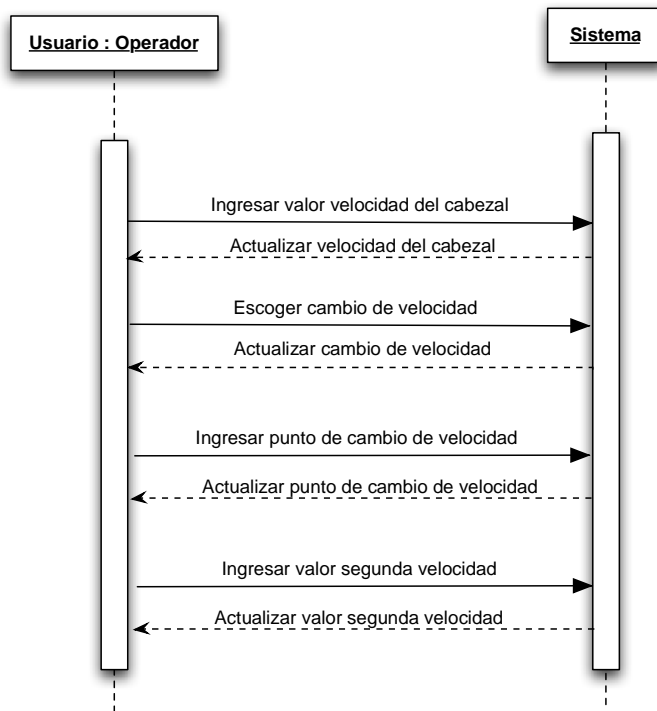


FIGURA 4-16. Diagrama de Secuencia CU003

4.1.2.4.- Configurar Fin de Experimento

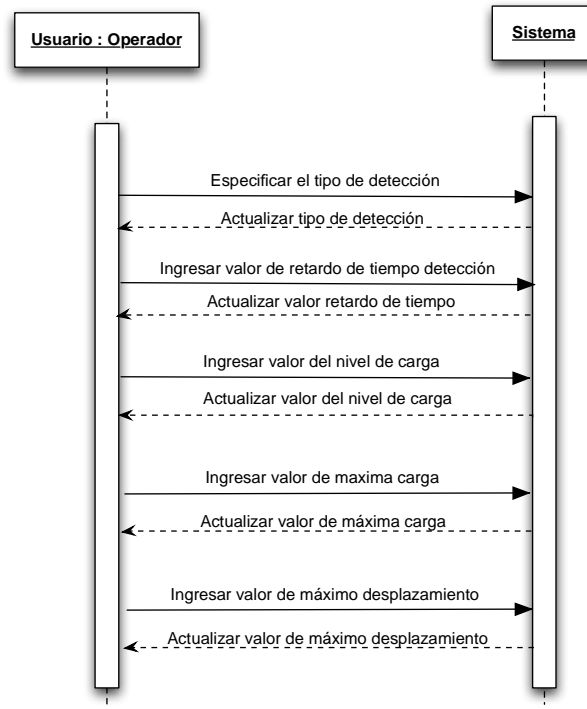


FIGURA 4-17. Diagrama de Secuencia CU004

4.1.2.5.- Configurar Detener Experimento

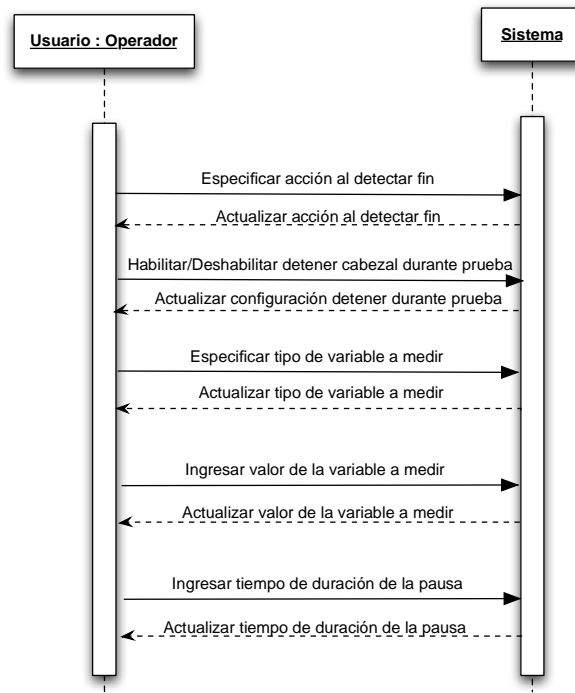


FIGURA 4-18. Diagrama de Secuencia CU005

4.1.2.6.- Configurar Tasa de Muestreo

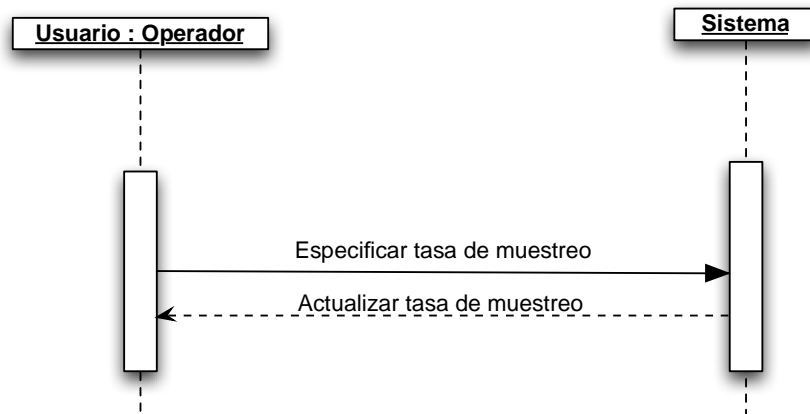


FIGURA 4-19. Diagrama de Secuencia CU006

4.1.2.7.- Configurar Reportes

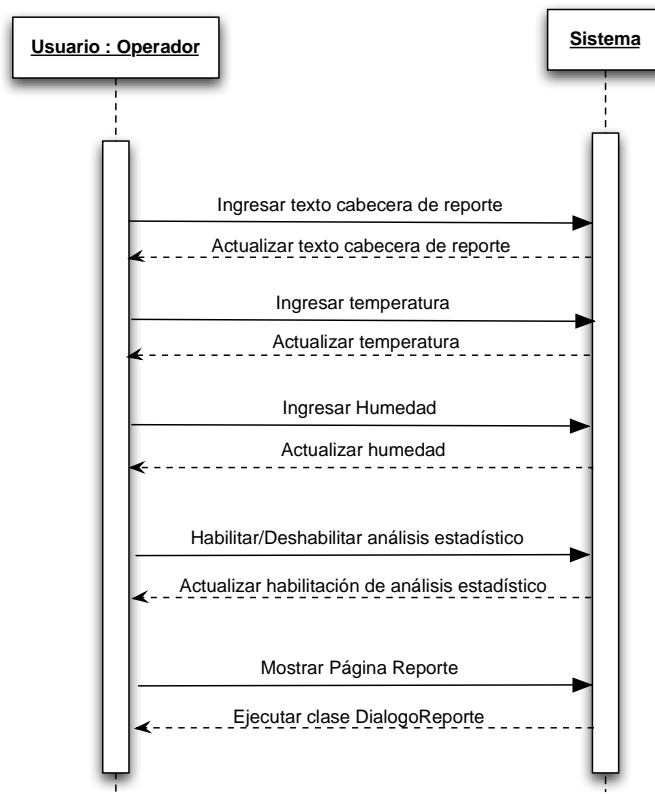


FIGURA 4-20. Diagrama de Secuencia CU007

4.1.2.8.- Configurar Gráficos

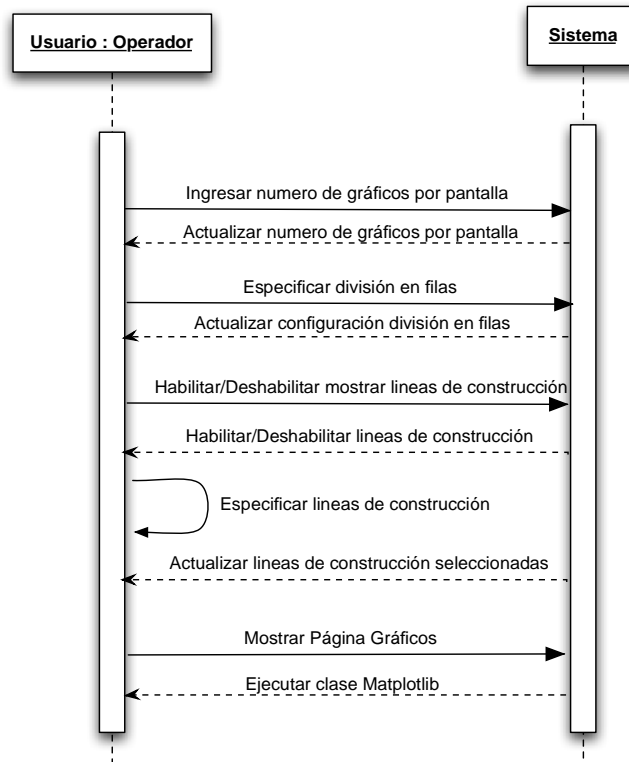


FIGURA 4-21. Diagrama de Secuencia CU008

4.1.2.9.- Configurar Cálculos

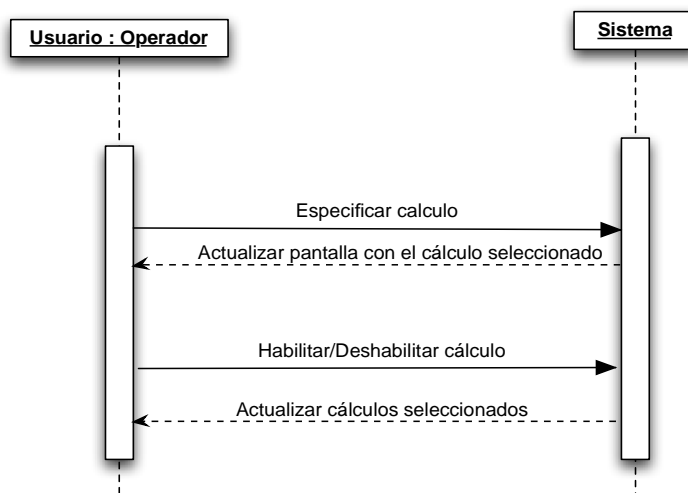


FIGURA 4-22. Diagrama de Secuencia CU009

4.1.2.10.- Configurar Parámetros de Cálculos

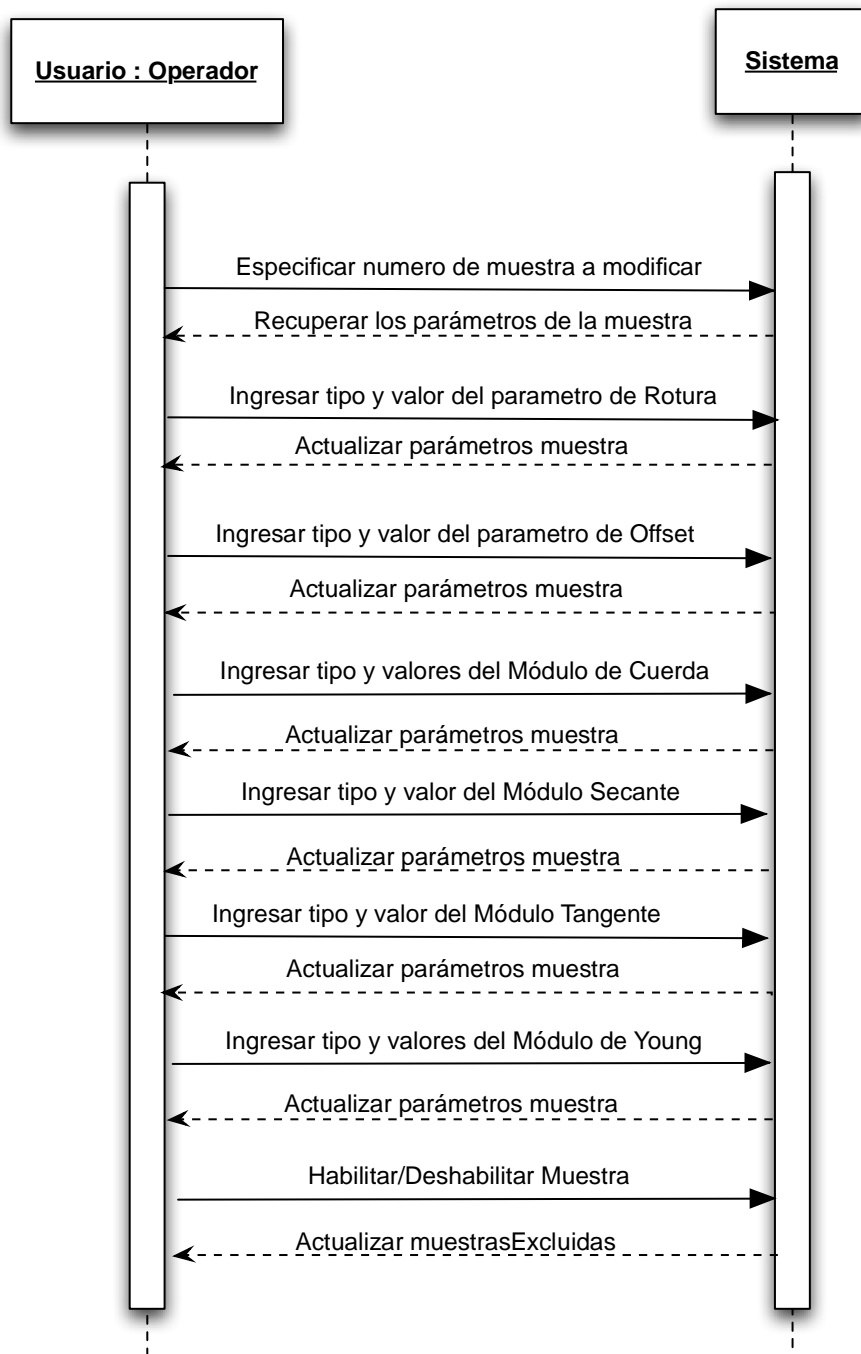


FIGURA 4-23. Diagrama de Secuencia CU010

4.1.2.11.- Ejecutar Prueba

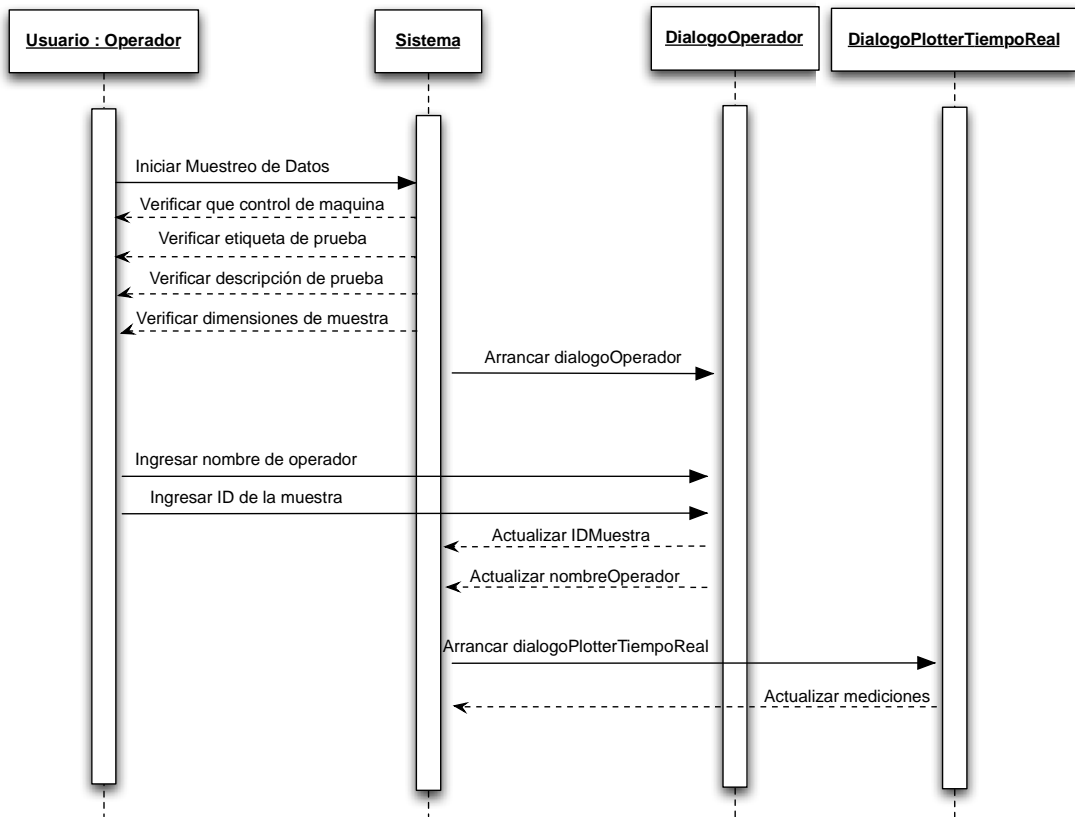


FIGURA 4-24. Diagrama de Secuencia CU011

4.1.2.12.- Guardar Prueba

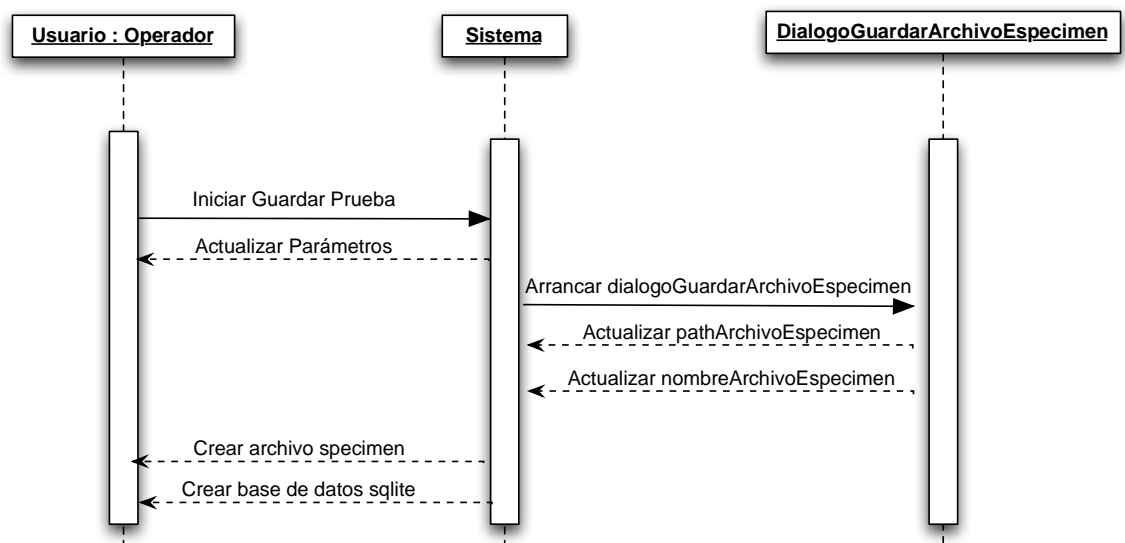


FIGURA 4-25. Diagrama de Secuencia CU012

4.1.2.13.- Abrir Prueba

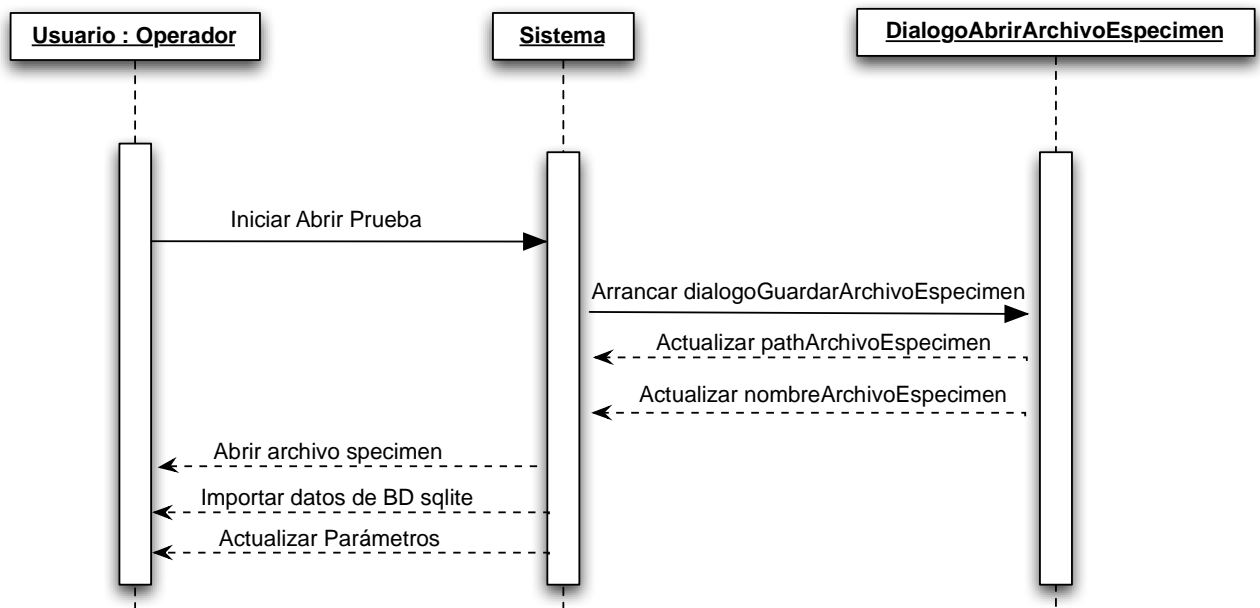


FIGURA 4-26. Diagrama de Secuencia CU013

4.1.2.14.- Imprimir Resultados

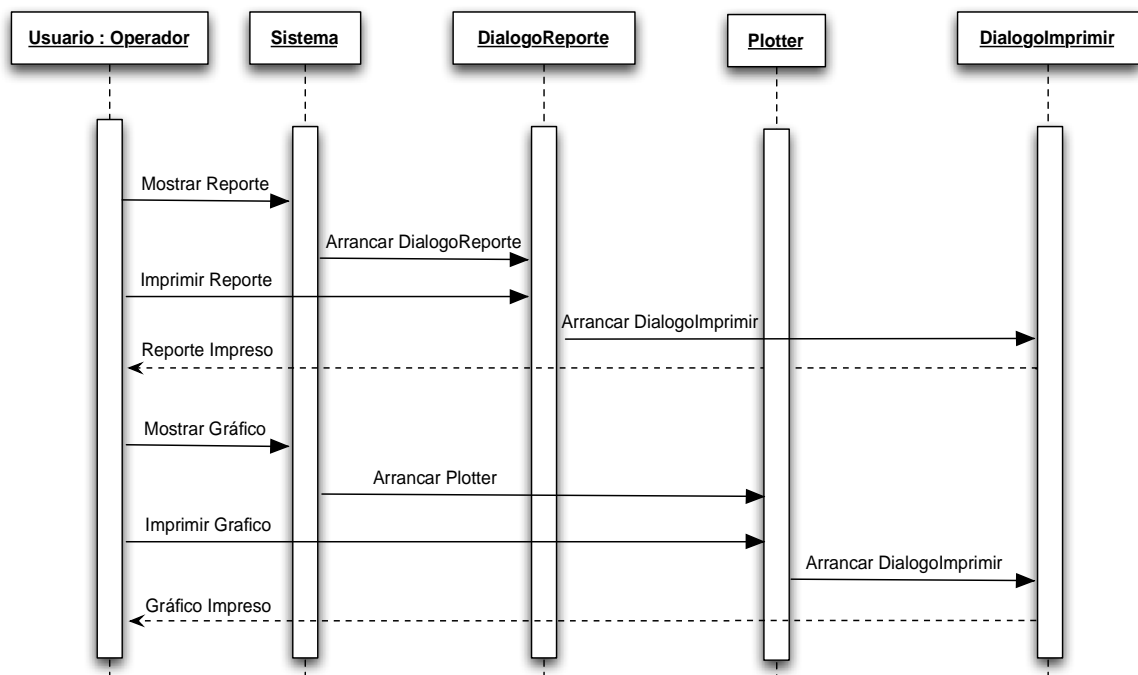


FIGURA 4-27. Diagrama de Secuencia CU014

4.1.2.15.- Exportar Resultados

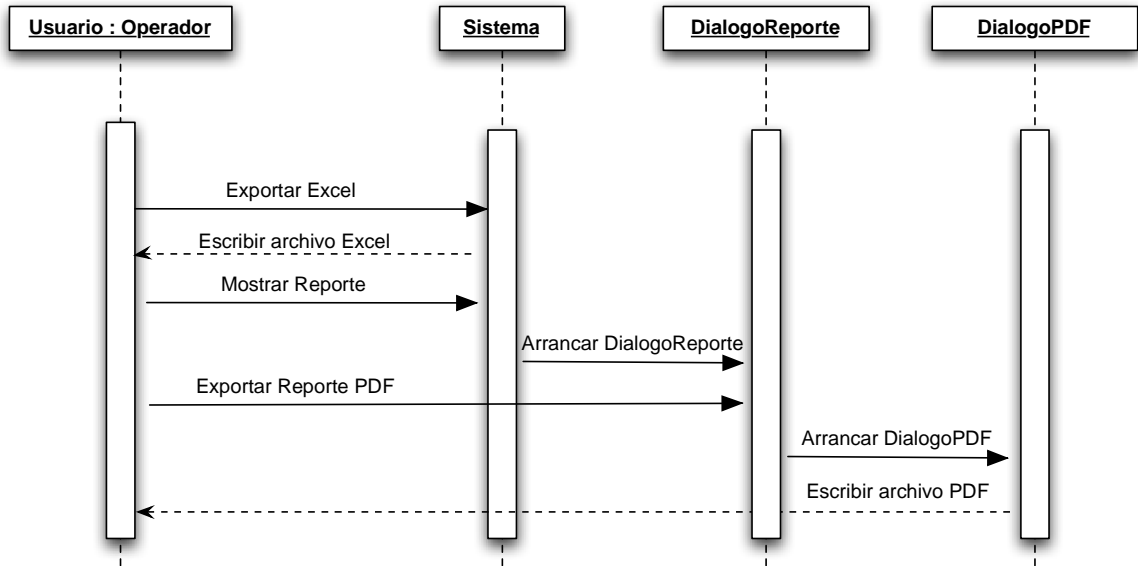


FIGURA 4-28. Diagrama de Secuencia CU015

4.1.3.- DIAGRAMA DE NAVEGACIÓN

Como parte de los documentos de diseño requeridos por la metodología Programación Extrema, es necesario definir el Diagrama de Navegación de la nueva interfaz Hombre-Máquina desarrollada para la máquina de ensayos universales INSTRON.

Este diagrama muestra los niveles de acceso de las diferentes pantallas y el flujo que debe seguir el operador para acceder a las mismas.

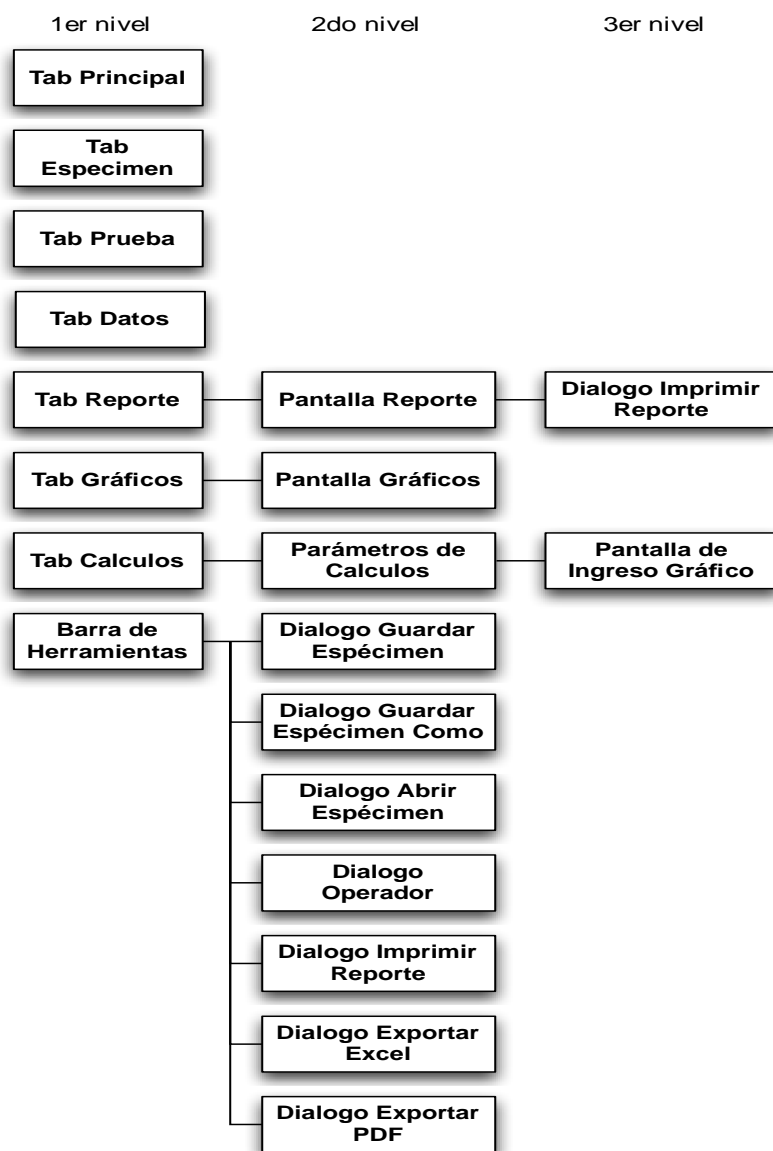


FIGURA 4-29. Diagrama de Navegación

4.1.4.- DIAGRAMAS DE CÁLCULOS

La máquina Instron 1011 permite al usuario seleccionar la ejecución de ciertos cálculos y especificar los parámetros requeridos para cada uno de ellos. Los cálculos para cada prueba pueden ser configurados en base a los estándares ASTM, ISO y Euronorm y sus variaciones.

Como introducción a la definición de los cálculos se va a explicar a continuación los conceptos básicos de prueba de propiedades mecánicas de materiales.

4.1.4.1.- Definición de Estrés

En una probeta de un material específico se aplica una fuerza F como en la Figura 4-30. La fuerza es transmitida a lo largo del bloque y es balanceada por una fuerza igual pero opuesta que se ejerce dentro de la probeta. Se puede analizar ésta como una fuerza opuesta F que actúa en toda la sección transversal a lo largo de la probeta; en ese caso se puede decir que la probeta se encuentra bajo estrés. La intensidad del estrés, σ , es medida dividiendo la fuerza F aplicada para el área transversal:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

ECUACIÓN 4-1. Definición de intensidad del estrés.

Este estrés, en particular, es causado por una fuerza de tensión con el mismo ángulo que la deformación, que se lo denomina *estrés de tensión*.

En el caso de que la fuerza que se aplica no posea un ángulo en particular, como se muestra en la Figura 4-30 se resuelve el problema dividiendo la

fuerza en dos componentes; una F_t llamada componente normal que genera estrés de tensión; y el otro componente F_s , llamado estrés de corte, τ :

$$\tau = \frac{F_s}{A}$$

ECUACIÓN 4-2. Definición de estrés de corte.

El punto importante es que la magnitud del estrés es siempre igual a la magnitud de la fuerza dividido para el área en el que actúa.

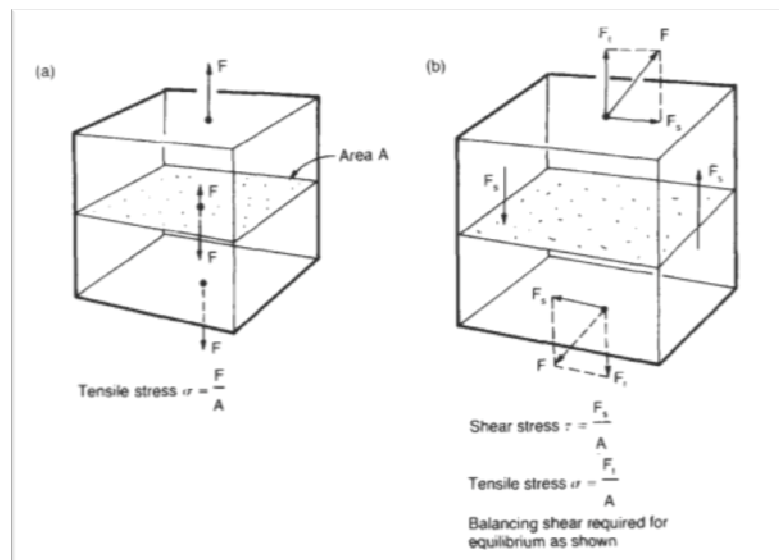


FIGURA 4-30. Definición de estrés de tensión y estrés de corte.

4.1.4.2.- Definición de Deformación

Los materiales responden al estrés estirándose. Bajo un cierto nivel de estrés un material rígido como el acero se estira muy poco comparado con un material como el polietileno.

Este tipo de estrés que se llama estrés de tensión induce un estiramiento de tensión. Si se somete este estrés a un cubo de lado l , mostrado en la Figura 4-31 y éste se estira una cantidad u paralela al estrés de tensión, la *deformación de tensión nominal* será:

$$\epsilon_n = \frac{u}{l}$$

ECUACIÓN 4-3. Definición de deformación de tensión nominal.

Cuando el cubo se estira de esta manera, usualmente se hace mas delgado. La cantidad en la que adelgaza se describe como la Tasa de Poisson, ν :

$$\nu = - \frac{\text{strain lateral}}{\text{strain tensión}}$$

ECUACIÓN 4-4. Definición de la tasa de Poisson.

El estrés de corte induce a la deformación de corte. Si se aplica este estrés a un cubo en una cantidad ω , entonces la deformación de corte se definirá como:

$$\gamma = \frac{\omega}{l} = \tan \theta$$

ECUACIÓN 4-5. Definición de la deformación de corte.

donde, θ es el ángulo de corte y l es el lado del cubo.

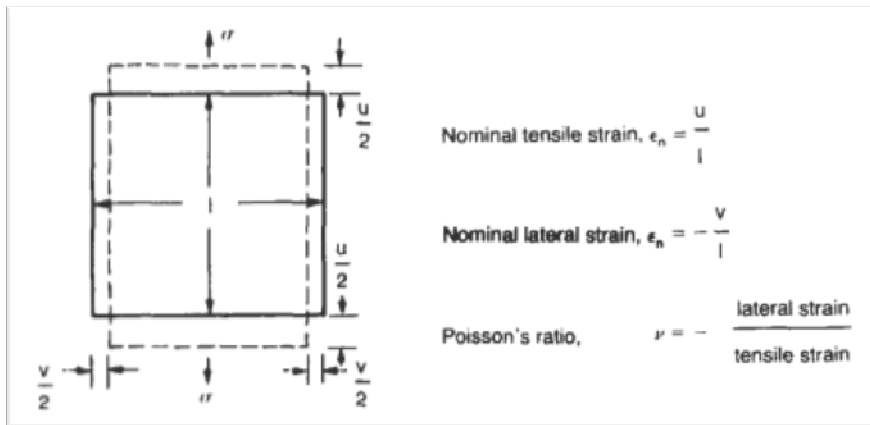


FIGURA 4-31. Definición de Deformación de tensión

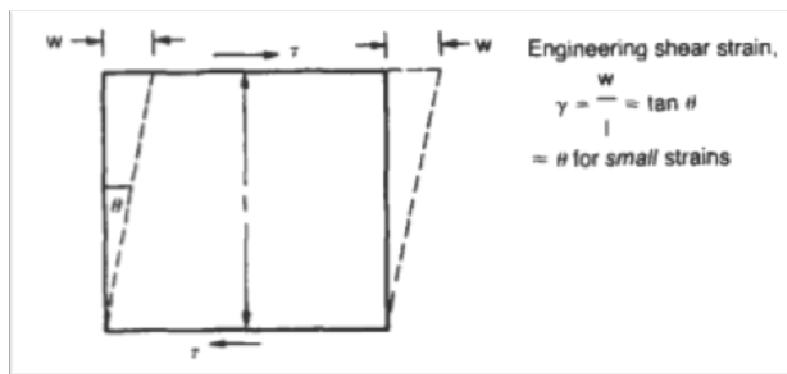


FIGURA 4-32. Definición de deformación de corte

4.1.4.3.- Ley de Hooke

Esta ley es una descripción de una observación experimental, muestra que cuando la deformación es pequeña, esta deformación es proporcional al estrés aplicado; es decir, son *elásticamente-lineales*. La deformación de tensión nominal es, por ejemplo, proporcional al estrés de tensión; para una tensión simple:

$$\sigma = E \epsilon_{12}$$

ECUACIÓN 4-6. Definición de la deformación de tensión nominal.

donde E se denomina *Módulo de Young*. Esta misma relación también se mantiene para pruebas de compresión simple. De la misma manera, la deformación de corte es proporcional al estrés de corte:

$$\tau = G\gamma$$

ECUACIÓN 4-7. Definición del estrés de corte.

donde G se lo denomina *Módulo de Corte*.

Esta relación lineal entre el estrés y la deformación es muy útil cuando se desea calcular la respuesta de un sólido ante un estrés específico, pero siempre se debe recordar que la mayoría de sólidos son elásticos solamente para deformaciones muy pequeñas, alrededor de 0.001 mm/mm. Después de esta magnitud de deformación, el material presenta rotura.

4.1.4.4.- Zonas de la curva estrés-deformación

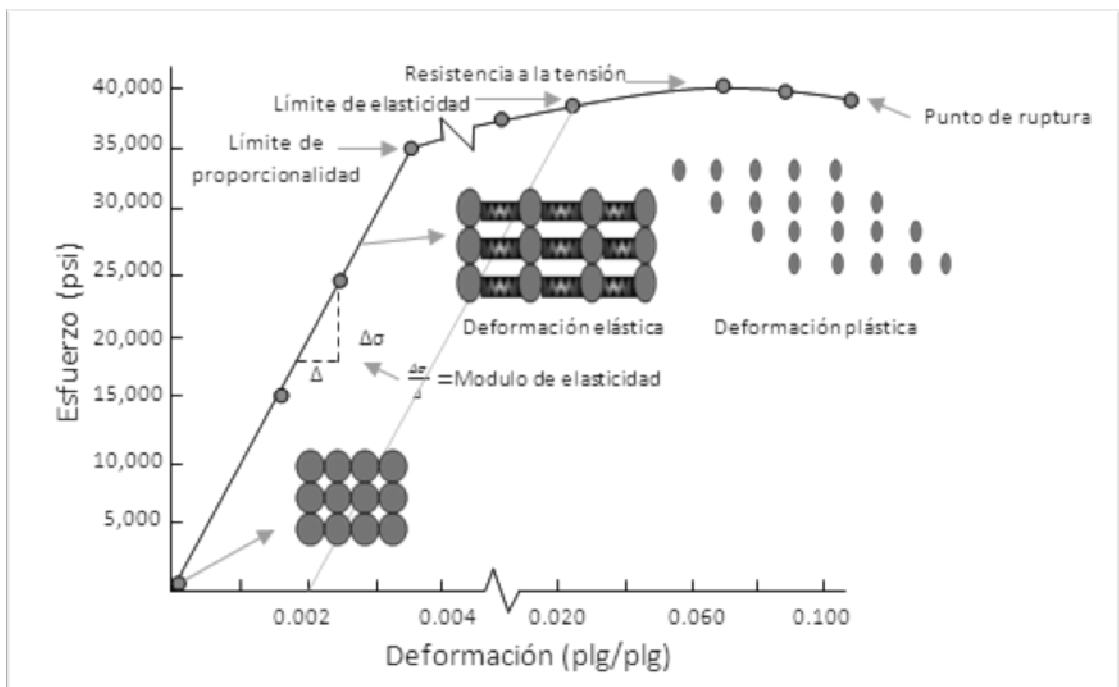


FIGURA 4-33. Curva Estrés-Deformación

La curva estrés-deformación tiene dos zonas básicas. Primero, una zona que, generalmente, tiende a ser lineal, llamada zona elástica y la segunda, denominada zona plástica.

- El punto de transición entre los dos puntos se conoce con el nombre de punto de fluencia, que coincide con el límite de elasticidad.
- El punto más alto de la gráfica se conoce como punto de resistencia a la tensión.
- La zona elástica es una zona de deformación reversible. Es decir, una vez que cesa la acción de la fuerza, el material recupera su longitud inicial.
- La zona plástica tiene un carácter irrecuperable o irreversible.

4.1.4.5.- Cálculos de Estrés y Deformación en Pruebas de Flexión

La documentación de la máquina de ensayos universales INSTRON especifica dos tipos diferentes de pruebas de flexión: flexión de tres puntos y flexión de cuatro puntos.

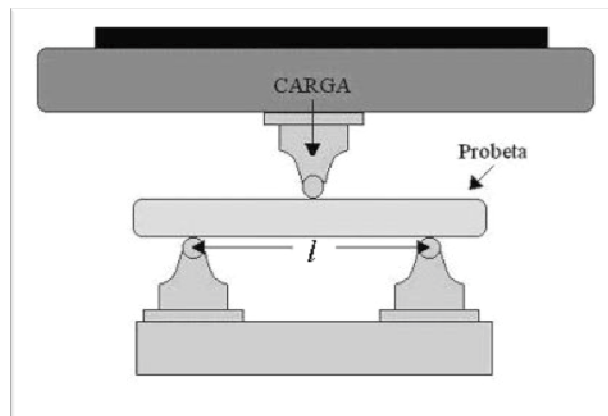


FIGURA 4-34. Prueba de flexión de 3 puntos

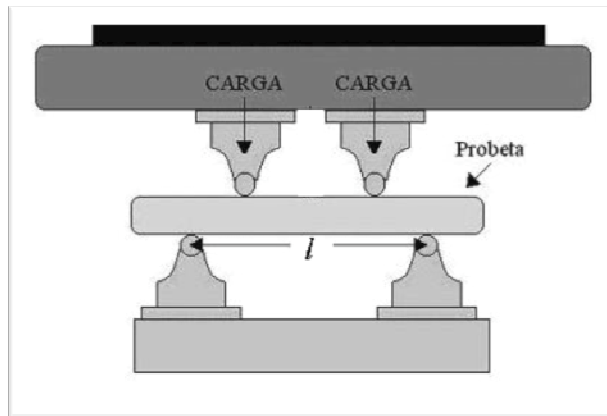


FIGURA 4-35. Prueba de flexión de 4 puntos

Para cada uno de estos casos el fabricante especifica una variación en las ecuaciones de cálculo de estrés y de deformación, como se especifica a continuación:

PARÁMETRO	FLEXIÓN DE TRES PUNTOS	FLEXIÓN DE CUATRO PUNTOS
ESTRÉS ESPÉCIMEN RECTANGULAR	$\frac{3 F L}{2 b a^2}$	$\frac{K_1 F L}{b a^2}$
ESTRÉS ESPÉCIMEN CILÍNDRICO	$\frac{8 F L}{\pi d^3}$	$\frac{16 K_1 F L}{3 \pi d^3}$
DEFORMACIÓN ESPÉCIMEN RECTANGULAR	$\frac{6 D a}{L^2}$	$\frac{K_2 D a}{L^2}$
DEFORMACIÓN ESPÉCIMEN CILÍNDRICO	$\frac{6 D d}{L^2}$	$\frac{K_2 D d}{L^2}$
MODULO ESPÉCIMEN RECTANGULAR	$\frac{m L^3}{4 b a^3}$	$\frac{K_3 m L^3}{b a^3}$
DEFORMACIÓN ESPÉCIMEN CILÍNDRICO	$\frac{4 m L^3}{3 \pi d^4}$	$\frac{4 K_3 m L^3}{\pi d^4}$

TABLA 4-1. Tabla de Ecuaciones de Cálculos de Flexión.

A continuación, se dan detalles acerca de cada cálculo disponible. El software agrupa los tipos de cálculos de acuerdo a su función.

4.1.5.6.- Cálculo de Carga en un Punto

Este cálculo se realiza para obtener el valor de la carga en algún punto de interés. Este algoritmo asume que existe el método `calculoPunto()`, que devuelve un valor del tipo `dupla` (desplazamiento, carga) y su función es únicamente separar la parte correspondiente a la carga.

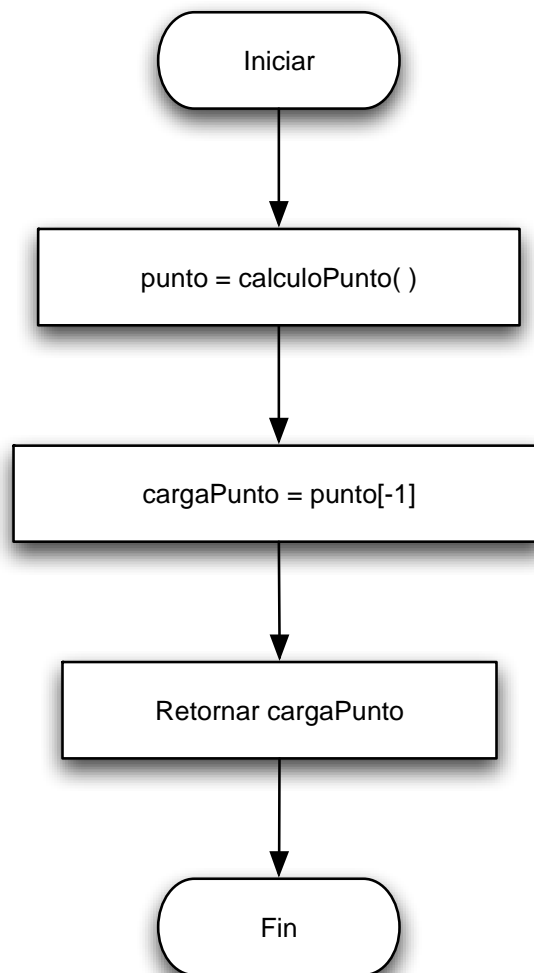


FIGURA 4-36. Diagrama de Flujo Cálculo Punto Máxima Carga.

4.1.5.7.- Cálculo de Desplazamiento en un Punto

Usamos este cálculo para obtener el valor del desplazamiento en algún punto de interés. Este algoritmo asume que existe el método `calculoPunto()`, que devuelve un valor del tipo `dupla` (`desplazamiento`, `carga`) y su función es únicamente separar la parte correspondiente al desplazamiento.

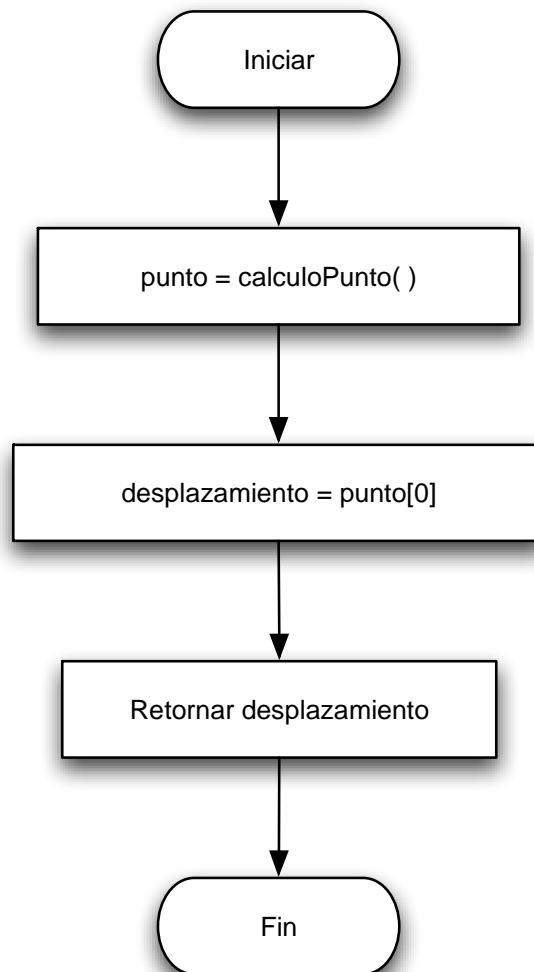


FIGURA 4-37. Diagrama de Flujo Cálculo Punto Máxima Carga.

4.1.5.8.- Cálculo de la Deformación en un Punto

Este cálculo devuelve el valor de la deformación en un punto específico, para este propósito, este método reutiliza el algoritmo de obtener desplazamiento en un punto definido previamente, en las Figuras 4-38 y 4-39 y denominado como DESPL_PUNTO.

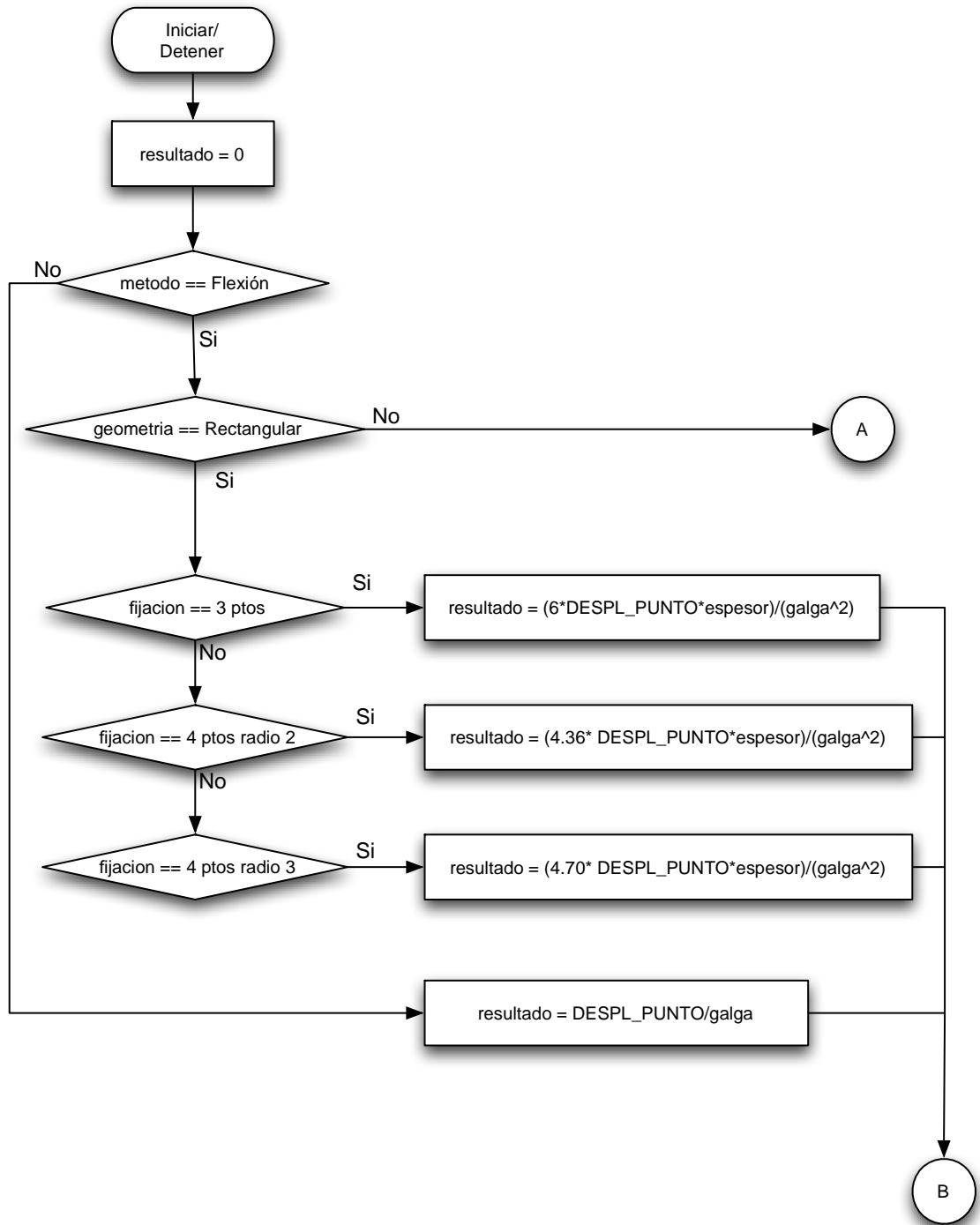


FIGURA 4-38. Diagrama de Flujo Cálculo Deformación en un Punto.

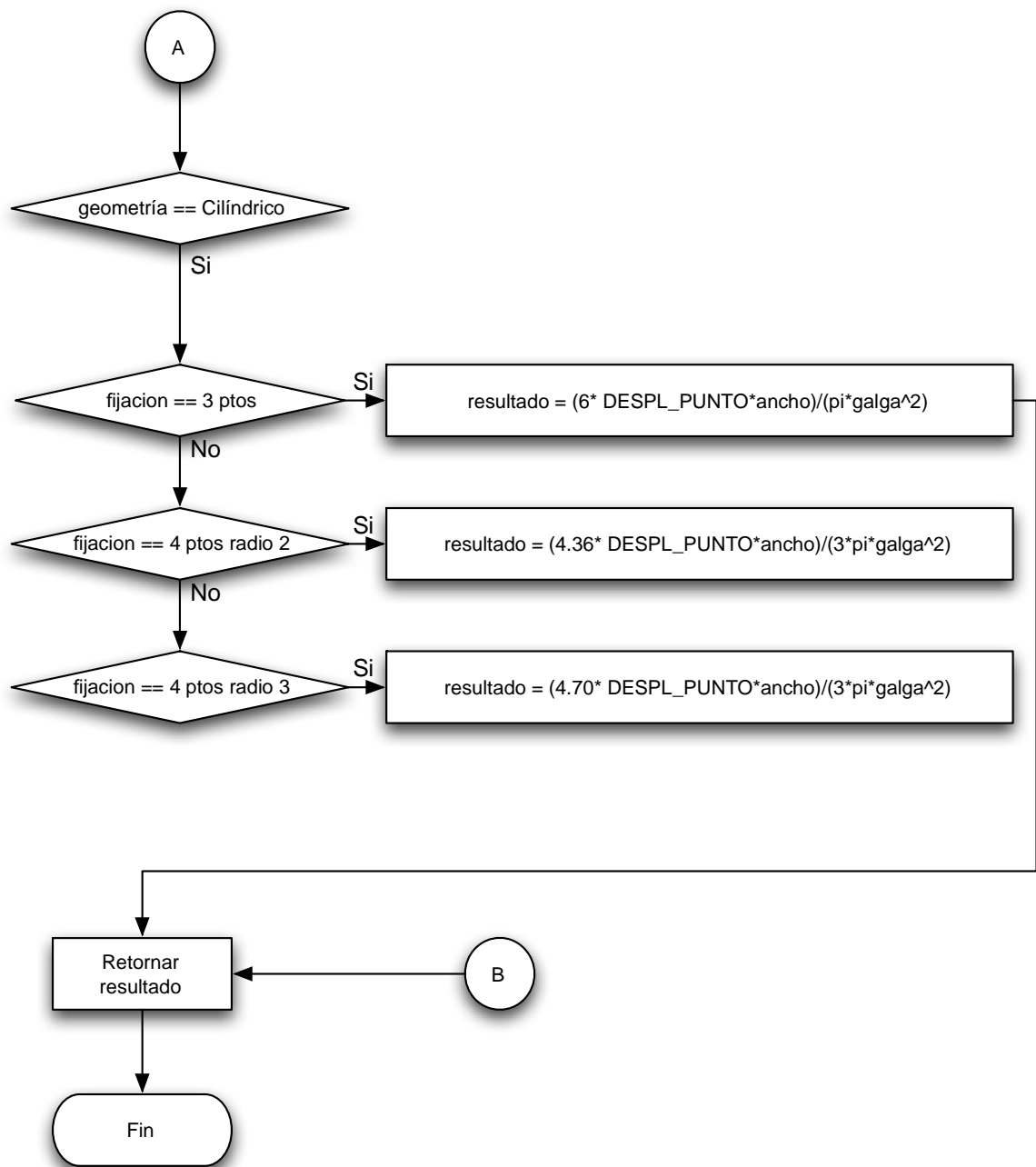


FIGURA 4-39. Diagrama de Flujo Cálculo Deformación en un Punto

Este cálculo responde a la lógica provista por el fabricante de acuerdo a las ecuaciones que se deben aplicar dependiendo del tipo de prueba realizada, así como, de la geometría de la muestra.

4.1.5.9.- Cálculo de Porcentaje de Deformación en Punto

Este algoritmo devuelve el valor del porcentaje de Deformación en un punto específico, para este fin, se reutiliza el algoritmo de cálculo de la Deformación en un Punto definido previamente.

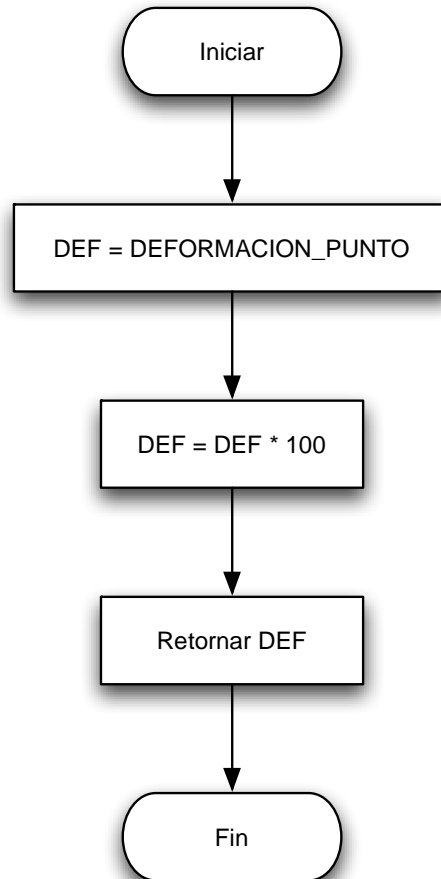


FIGURA 4-40. Diagrama de Flujo Cálculo % de Deformación en un Punto.

4.1.5.5.- Cálculo de Porcentaje de Deformación Normalizada en Punto

Este cálculo devuelve el valor del porcentaje de Deformación Normalizada en un punto específico, para este fin, reutilizamos los algoritmos de cálculo de la Deformación en un Punto y cálculo de Carga en un Punto definidos previamente.

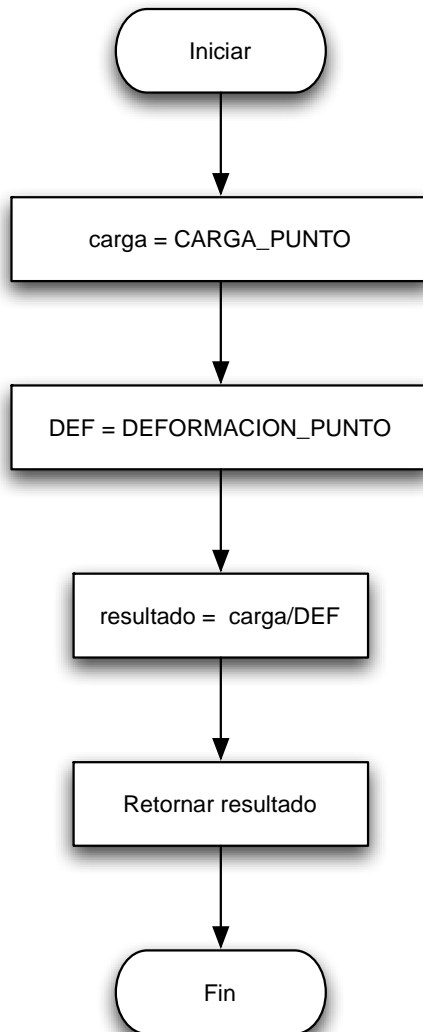


FIGURA 4-41. Diagrama de Flujo Cálculo % de Deformación Normalizada en un Punto.

4.1.5.10.- Cálculo del Estrés en un Punto

Este cálculo devuelve el valor del estrés en un punto específico, para este propósito, este método reutiliza el algoritmo de obtener la Carga en un Punto definido previamente, mostrados en las Figuras 4-42, 4-43 y 4-44 y denominado como CARGA_PUNTO.

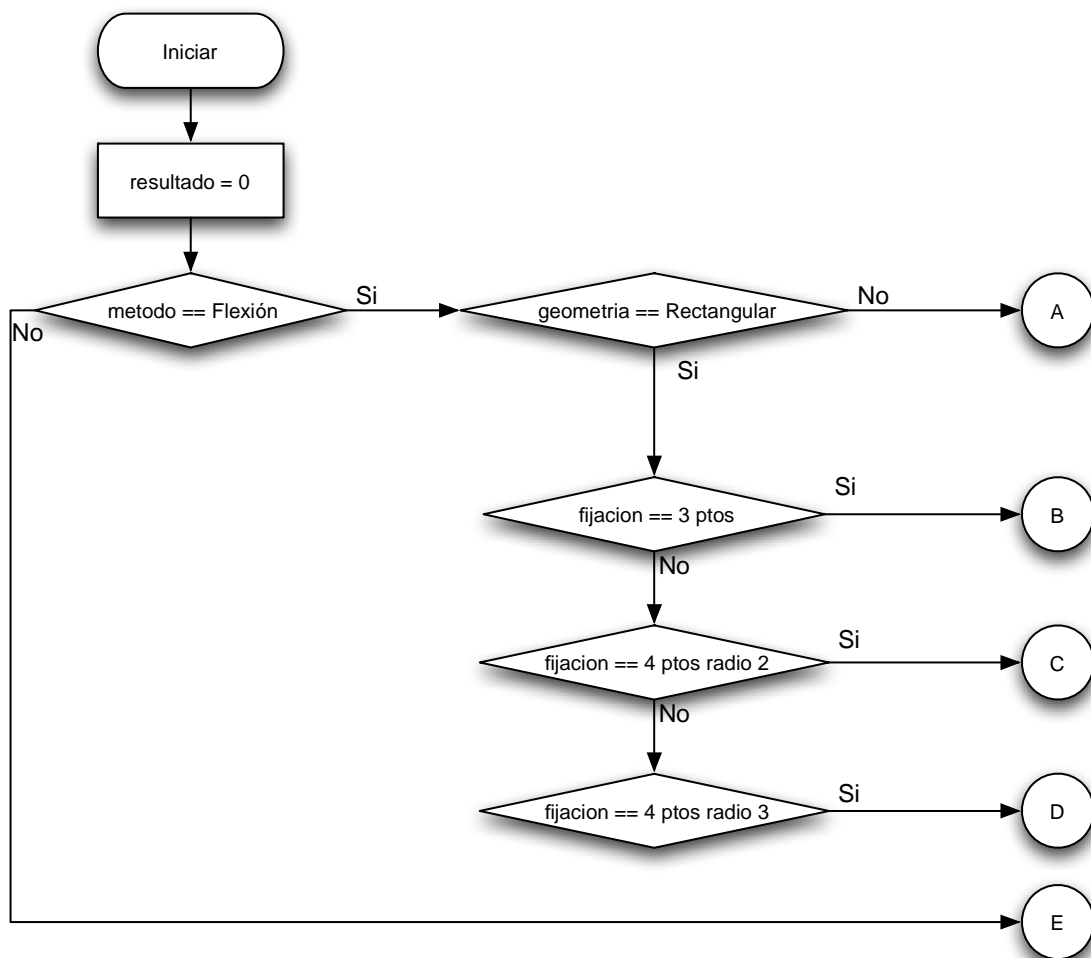


FIGURA 4-42. Diagrama de Flujo Cálculo Estrés en un Punto.

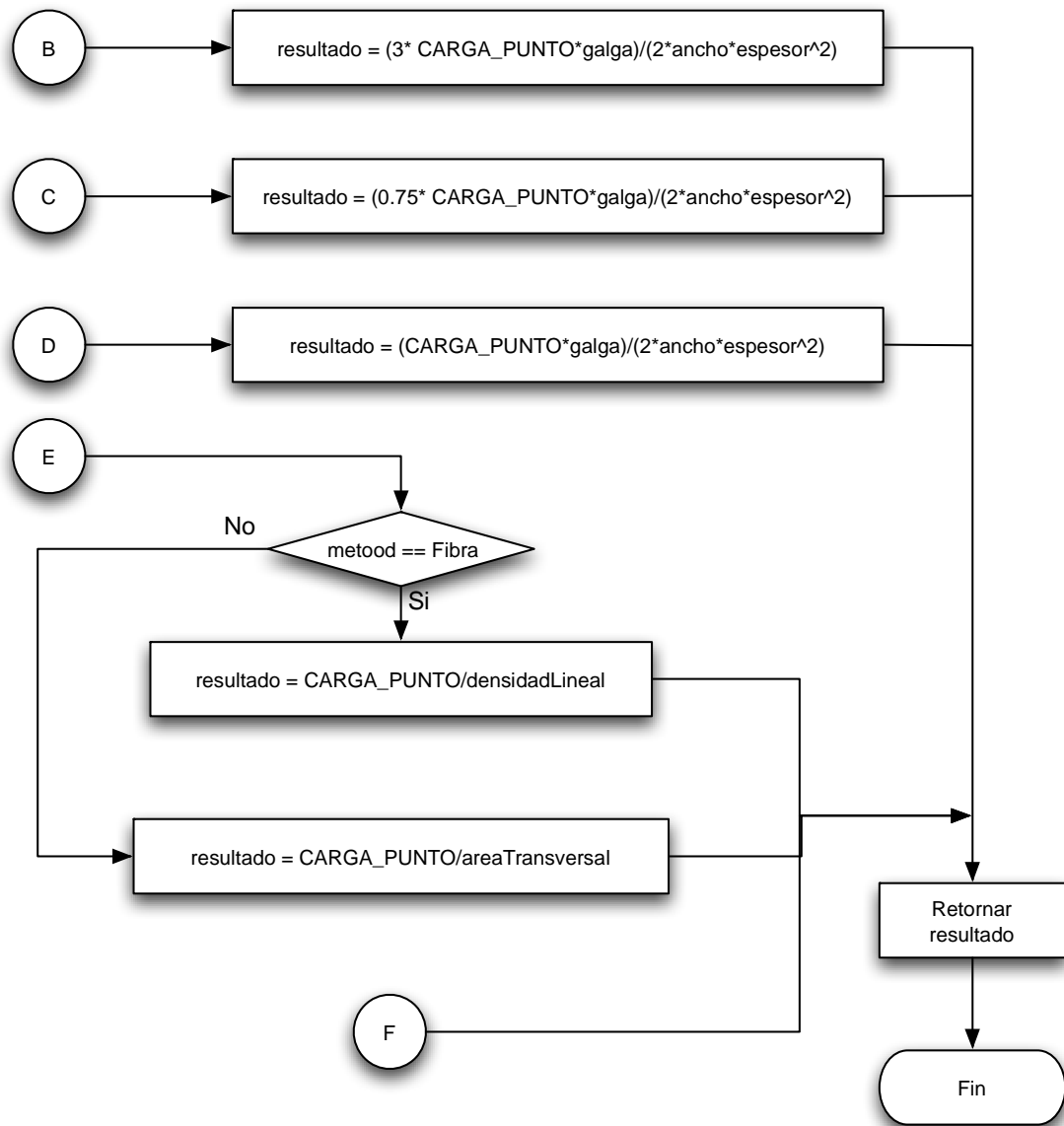


FIGURA 4-43. Diagrama de Flujo Cálculo Estrés en un Punto.

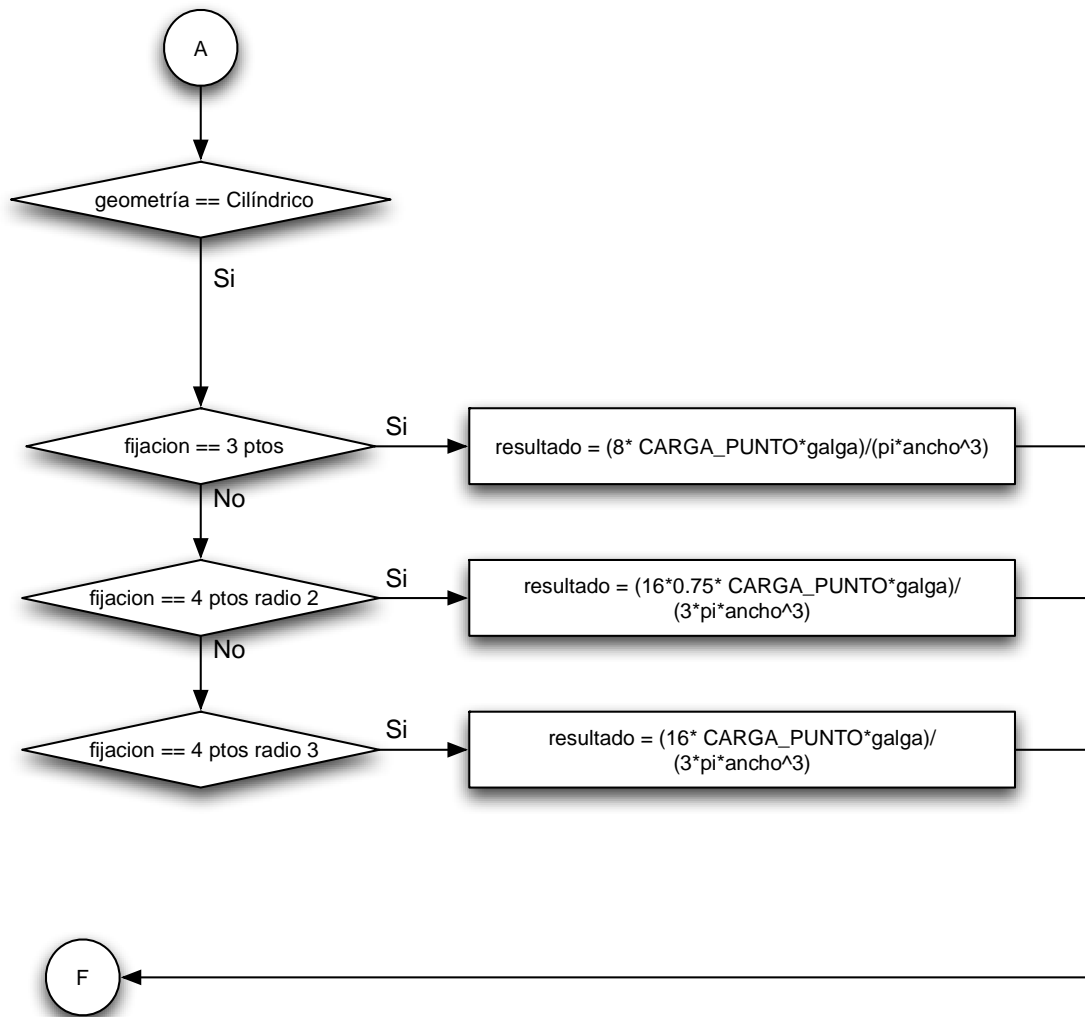


FIGURA 4-44. Diagrama de Flujo Cálculo Estrés en un Punto.

Este cálculo responde a la lógica provista por el fabricante de acuerdo a las ecuaciones que se deben aplicar dependiendo del tipo de prueba realizada, así como, de la geometría de la muestra.

4.1.5.11.- Cálculo Máxima Carga

Este cálculo realiza la búsqueda del punto en el que la carga llega a su valor máximo.

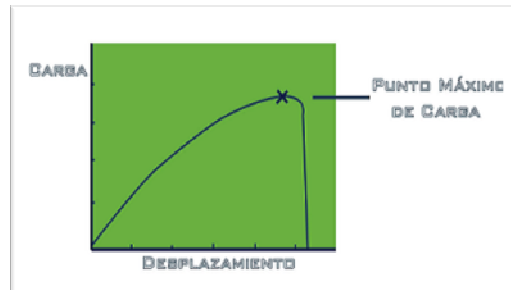


FIGURA 4-45. Definición Cálculo Punto Máxima Carga.

Este algoritmo busca, entre los valores recolectados en la prueba, el punto en el que el valor de la carga es máximo, para eso, recorre la lista de puntos hasta encontrar dicho valor.

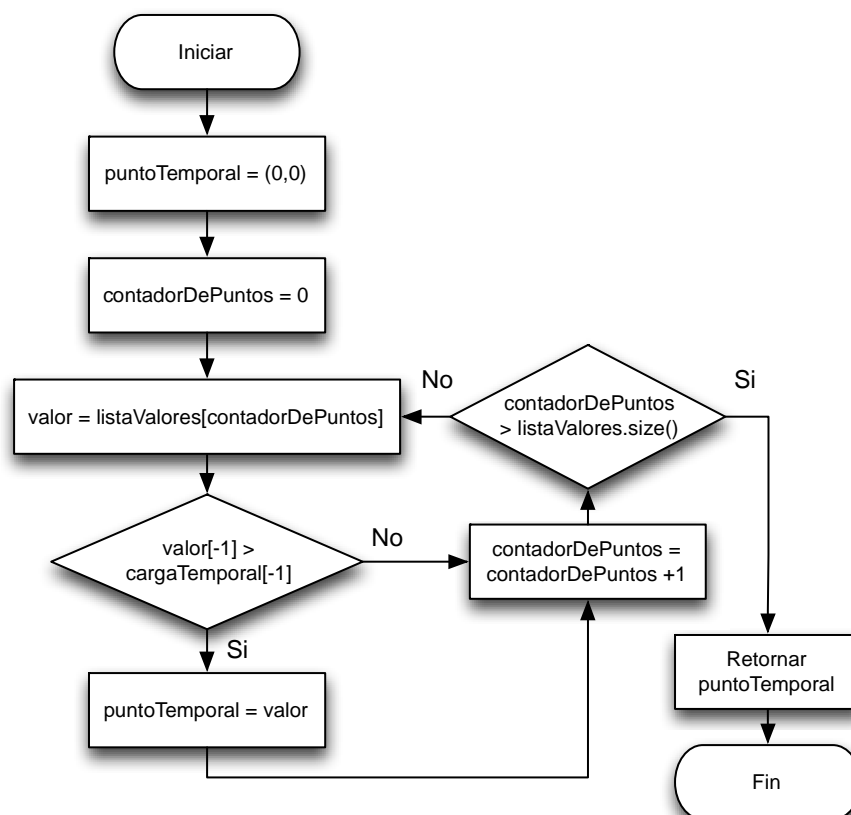


FIGURA 4-46. Diagrama de Flujo Cálculo Punto de Máxima Carga.

4.1.5.12.- Cálculo Máximo Desplazamiento

Este algoritmo realiza la búsqueda del punto en el que el desplazamiento llega a su valor máximo.

El punto máximo de desplazamiento puede no ser el punto de rotura de la muestra, por ejemplo, en el caso de que se presente una leve disminución en la carga, el desplazamiento será mayor al desplazamiento en el punto de rotura.

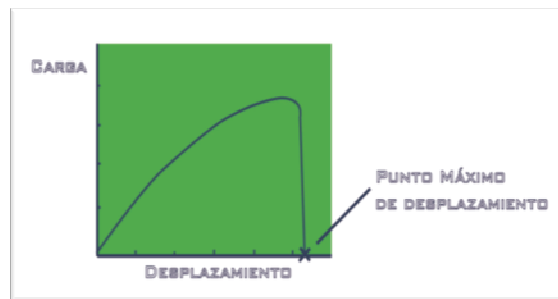


FIGURA 4-47. Definición Cálculo Punto Máximo Desplazamiento

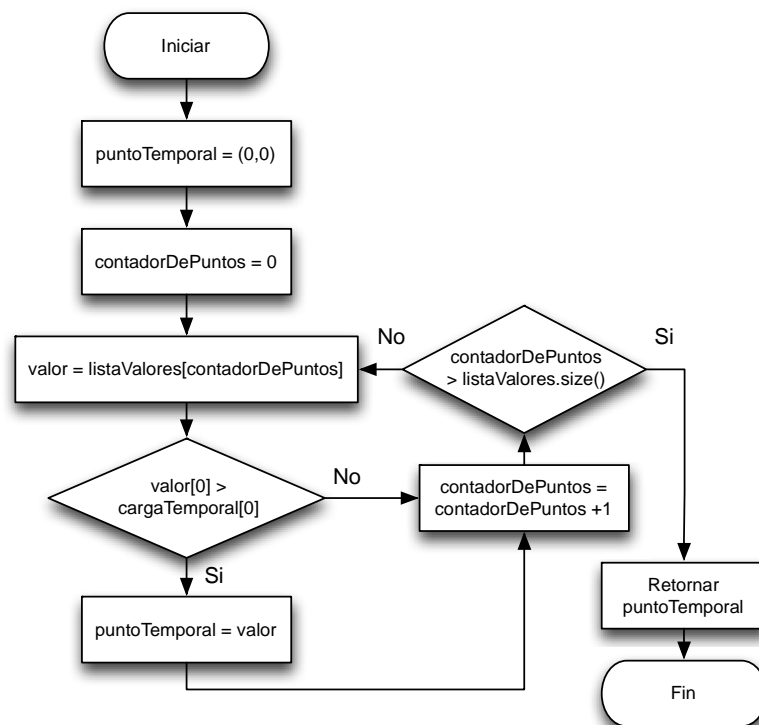


FIGURA 4-48. Diagrama de Flujo Cálculo Máximo Desplazamiento

4.1.5.13.- Cálculo del Punto de Rotura

Este cálculo se realiza mediante la búsqueda del punto en el que la carga disminuye la cantidad configurada.

Cuando las curvas son generadas en un computador digital, la forma de la curva se obtiene a partir de una porción finita de puntos. Esta característica digital hace imposible que se pueda obtener una curva continua, por lo que el software INSTRON1011AMTS busca entre los datos obtenidos, el punto que satisfaga los criterios de rotura especificados por el usuario.

Existen cuatro posibles especificaciones para el punto de rotura: disminución de la carga en un valor absoluto; disminución de la carga en una porción de la carga máxima; disminución de la carga en términos de la relación variación de carga por variación de desplazamiento y, disminución de carga en términos de la relación de variación de carga por variación de porcentaje de deformación.

El algoritmo de búsqueda es el siguiente:

- Buscar los pares de datos desde el inicio;
- Continuar buscando a partir del punto de máxima carga;
- Mientras la extensión no decrezca y la carga sea mayor que el límite leer el siguiente valor;
- En el punto en que la extensión empieza a decrecer o la carga baje del límite, leer el valor anterior y asignarlo como punto de rotura.

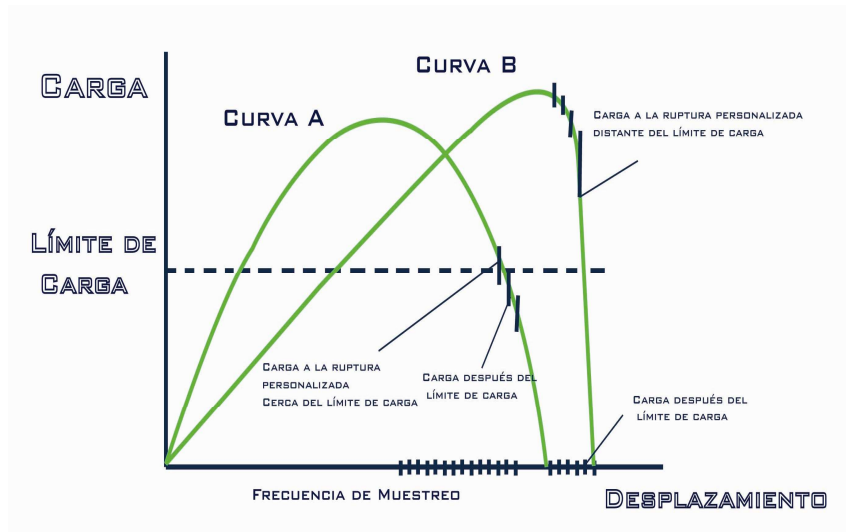


FIGURA 4-49. Definición Cálculo Punto de Rotura

Este método se encarga de la detección del punto en el que el material sufrió la rotura. Para este propósito es necesario reutilizar el cálculo del Punto de Máxima Carga, que se indica en el diagrama 4-50 como CALCULO_PUNTO_MAX_CARGA.

Una vez detectado este punto, se analizan los puntos siguientes hasta encontrar uno que corresponda a los criterios definidos por el usuario:

- Carga Absoluta
- Fracción de Máxima Carga
- Cambio Carga/Cambio Desplazamiento
- Cambio Carga/Cambio % Deformación.

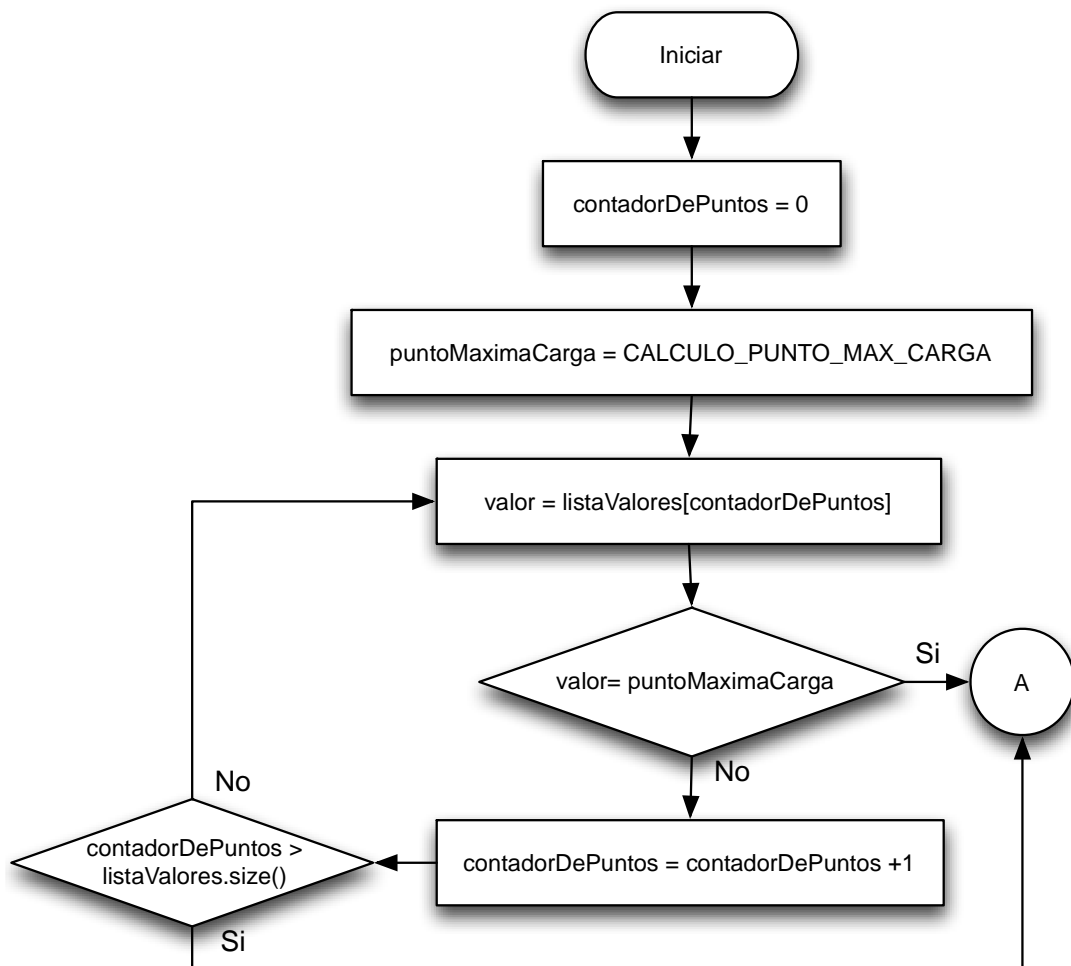


FIGURA 4-50. Diagrama de Flujo Cálculo Punto de Rotura

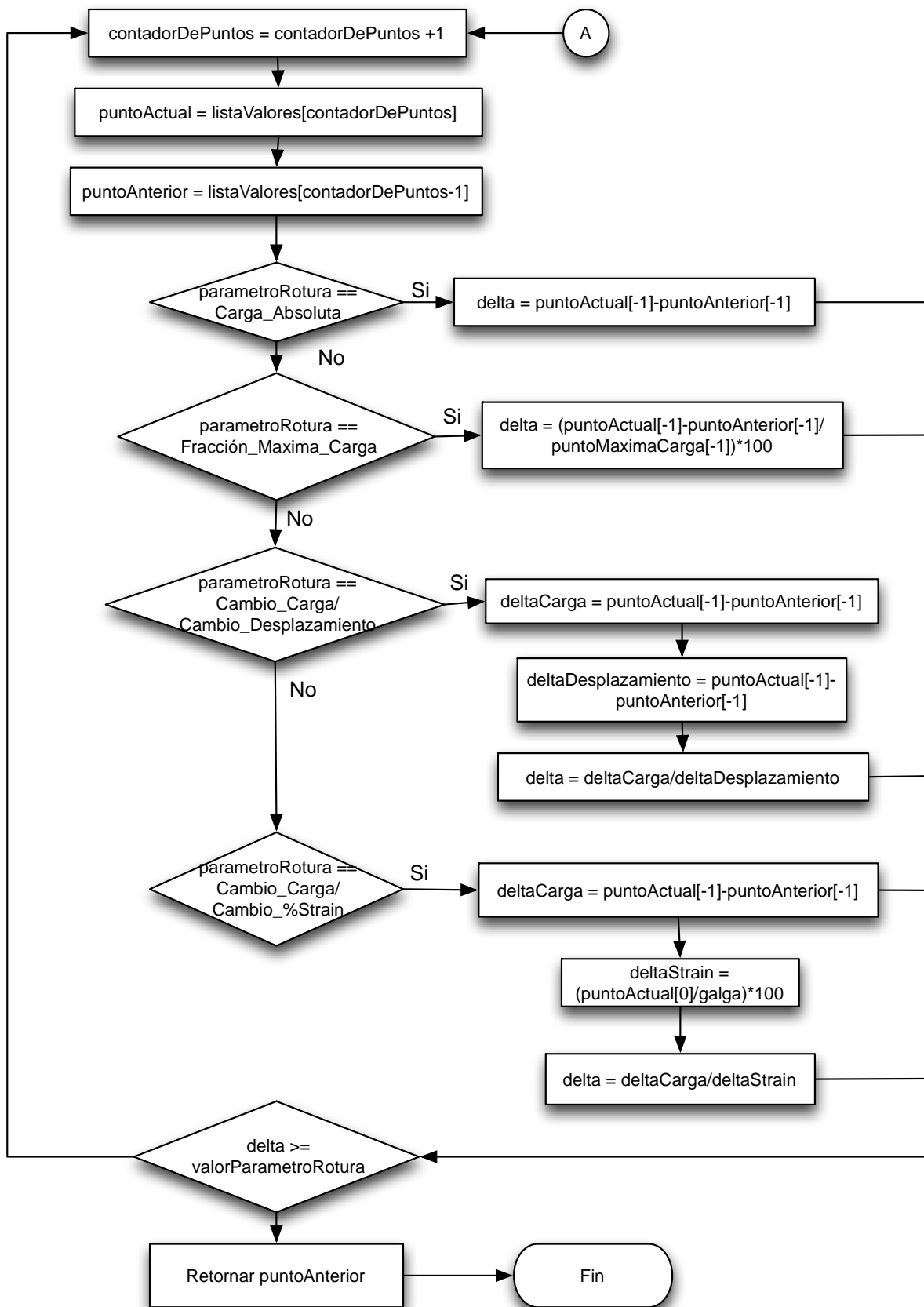


FIGURA 4-51. Diagrama de Flujo Cálculo Punto de Rotura

4.1.5.14.- Cálculo de Módulos

4.1.5.14.1.- Módulo de Cuerda

Este cálculo pertenece al valor de la pendiente de la curva estrés/deformación entre dos puntos cualquiera de la curva. El algoritmo construye una línea recta entre los límites superior e inferior que el operador especifica.

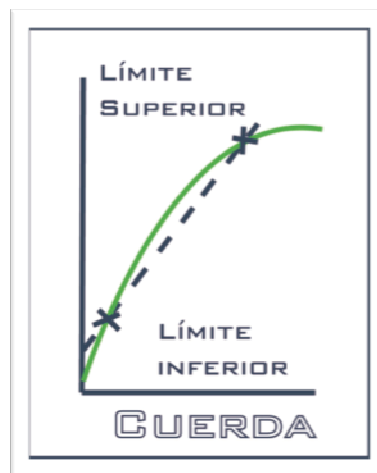


FIGURA 4-52. Definición Cálculo Módulo Cuerda

Este método reutiliza un algoritmo llamado obtenerPuntosModuloCuerda(), cuya función es obtener los dos puntos seleccionados por el usuario en los parámetros de cálculo.

Este cálculo responde a la lógica provista por el fabricante, de acuerdo a las ecuaciones que se deben aplicar dependiendo del tipo de prueba realizada, así como, de la geometría de la muestra.

El diagrama de flujo correspondiente al algoritmo de Cálculo Módulo de Cuerda está definido en las Figuras 4-53 y 4-54.

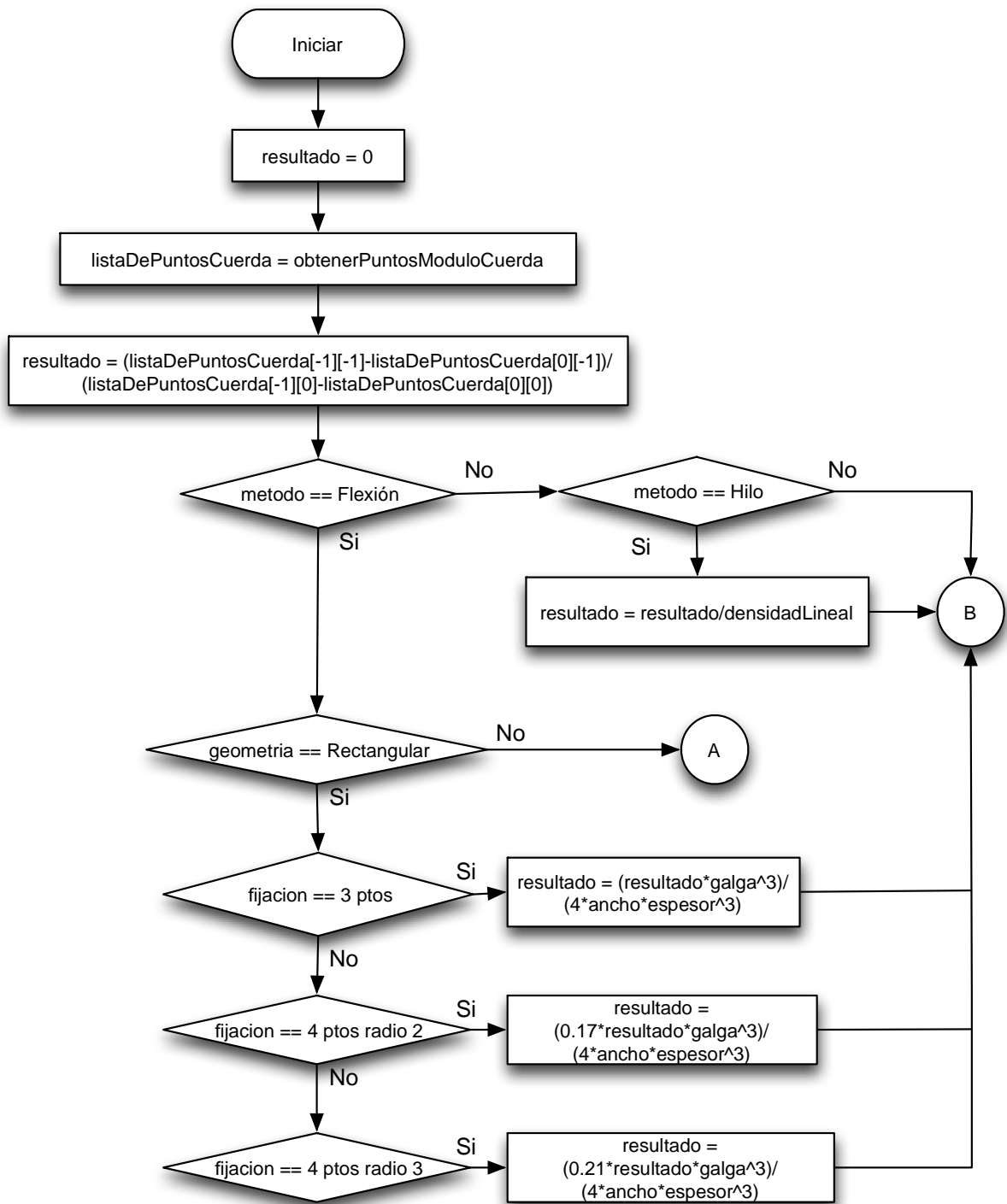


FIGURA 4-53. Diagrama de Flujo Cálculo Módulo de Cuerda.

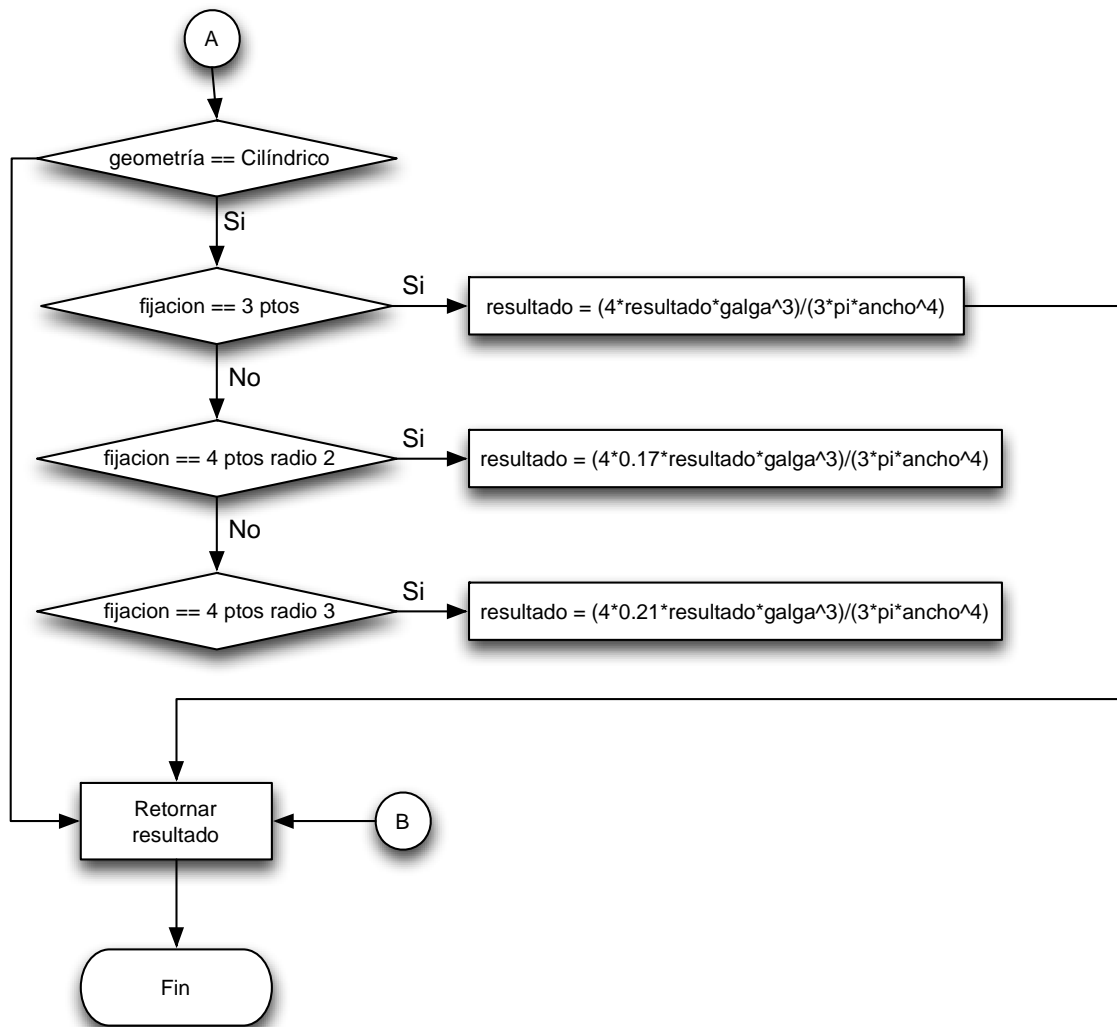


FIGURA 4-54. Diagrama de Flujo Cálculo Módulo de Cuerda.

4.1.5.14.2.- Módulo Secante

El módulo secante se calcula como la pendiente de la curva estrés/deformación entre el punto seleccionado por el operador y el punto inicial.

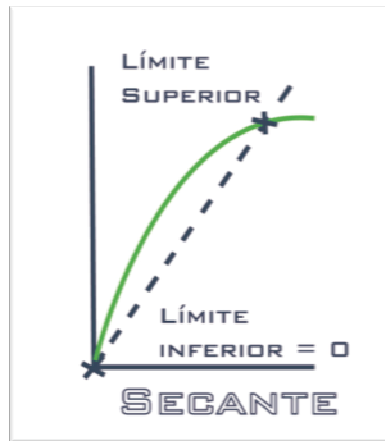


FIGURA 4-54. Definición Cálculo Módulo Secante.

Esta función utiliza un algoritmo llamado `obtenerPuntosModuloSecante()`, cuya función es obtener el punto seleccionado por el usuario en los parámetros de cálculo, debido a la naturaleza de este cálculo, se asume el origen como primer punto.

Este cálculo responde a la lógica provista por el fabricante de acuerdo a las ecuaciones que se deben aplicar dependiendo del tipo de prueba realizada, así como, de la geometría de la muestra.

El diagrama de flujo correspondiente a este cálculo se encuentra descrito en las Figuras 4-55 y 4-56.

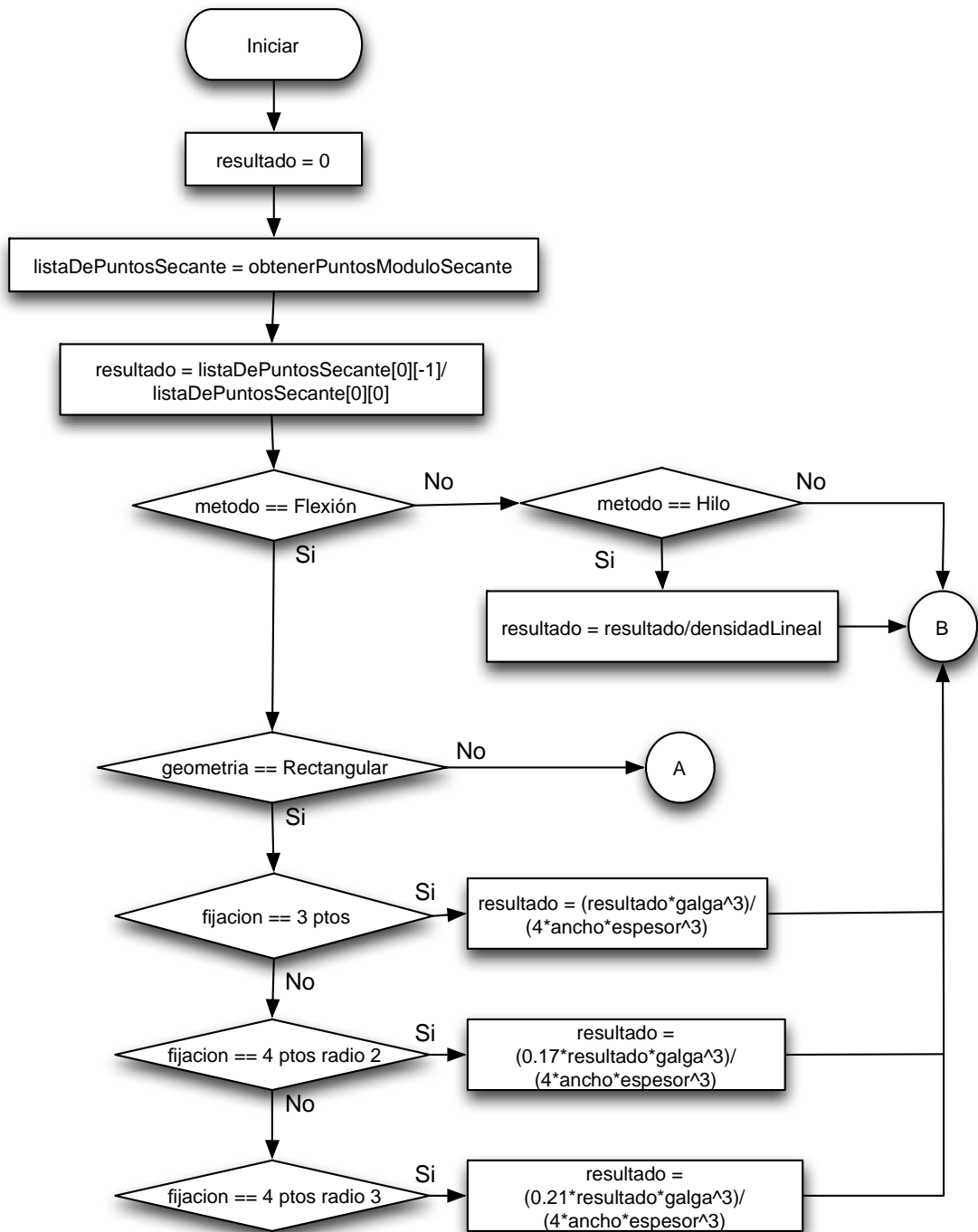


FIGURA 4-55. Diagrama de Flujo Cálculo Módulo Secante.

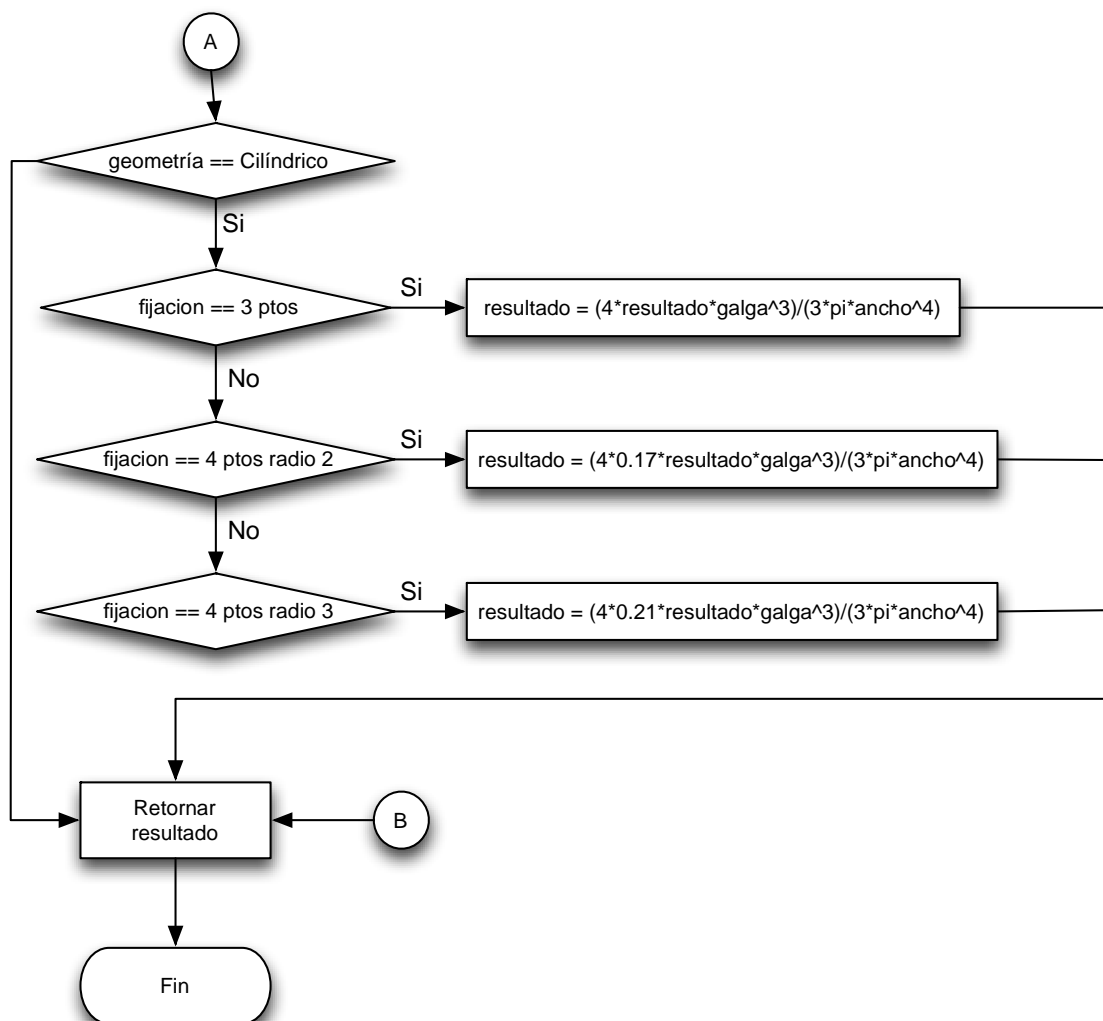


FIGURA 4-56. Diagrama de Flujo Cálculo Módulo Secante.

4.1.5.14.3.- Módulo Tangente

Este cálculo pertenece al valor de la pendiente correspondiente a la recta tangente que pasa por el punto especificado por el usuario.



FIGURA 4-57. Definición Cálculo Módulo Tangente.

Esta función utiliza un algoritmo llamado `obtenerPuntosModuloTangente()` cuya función es obtener el punto seleccionado por el usuario en los parámetros de cálculo.

Este cálculo responde a la lógica provista por el fabricante de acuerdo a las ecuaciones que se deben aplicar dependiendo del tipo de prueba realizada, así como, de la geometría de la muestra.

El diagrama de flujo correspondiente al cálculo del Módulo Tangente, se encuentra descrito en las Figuras 4-58 y 4-59.

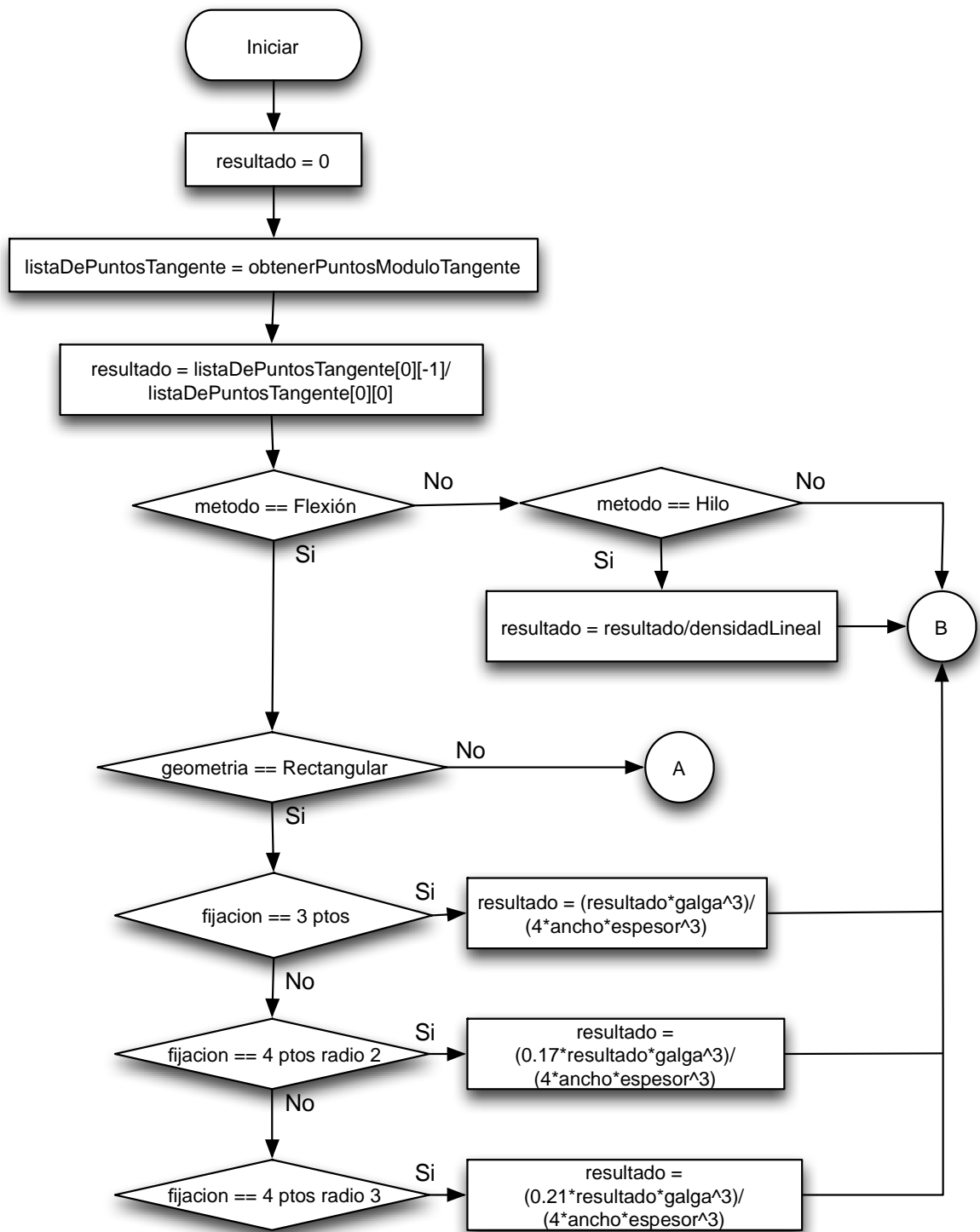


FIGURA 4-58. Diagrama de Flujo Cálculo Módulo Tangente

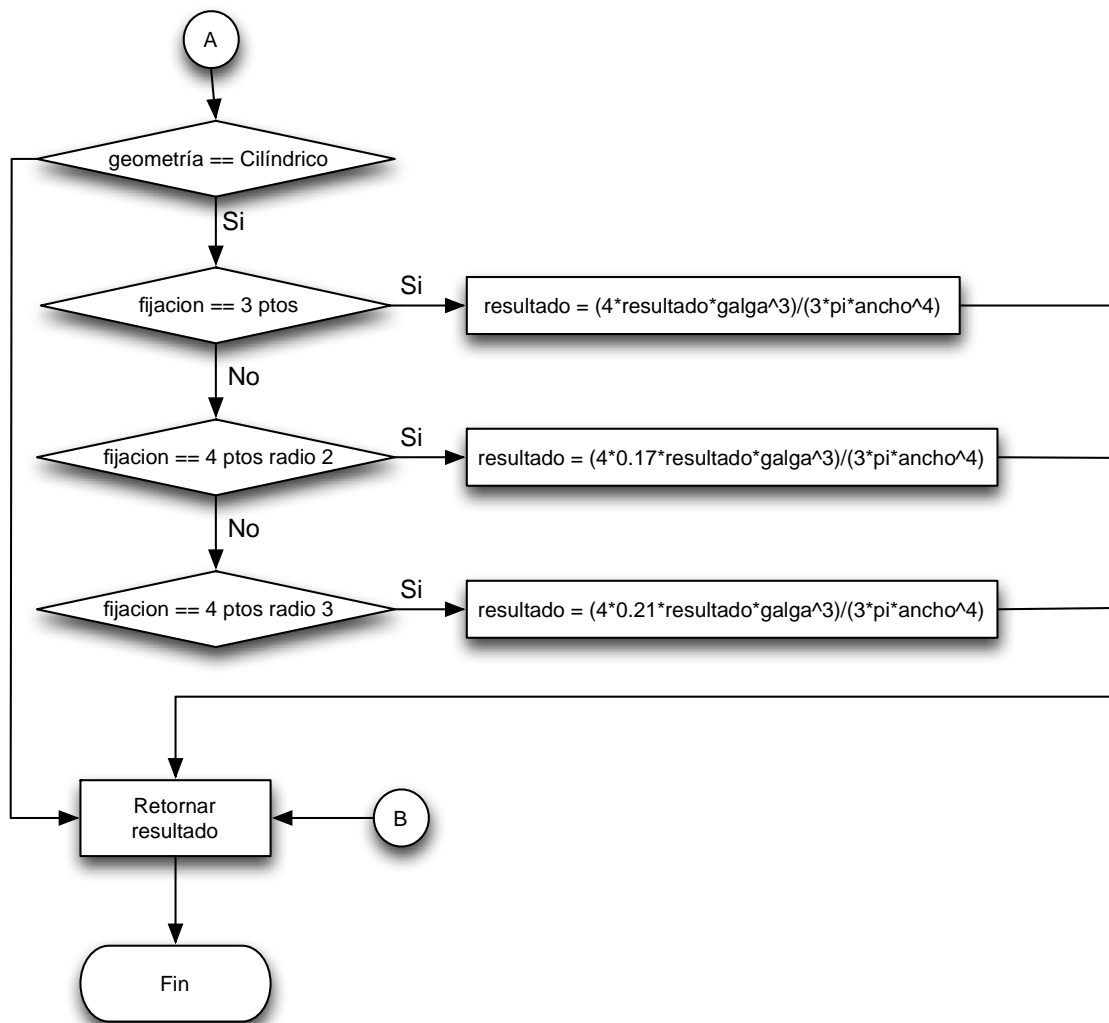


FIGURA 4-59. Diagrama de Flujo Cálculo Módulo Tangente

4.1.5.14.4.- Módulo Young

El Módulo de Young se obtiene como la pendiente de una línea obtenida a través de una aproximación de “Mínimos Cuadrados”, realizada en la zona que presenta mayor linealidad en la curva.

Es importante, para este cálculo, que exista un número suficiente de mediciones en cada zona para poder tener una aproximación por Mínimos Cuadrados adecuada. Adicionalmente, una cantidad suficiente de mediciones asegura que el punto, donde el material inicia su deformación, puede ser determinado más precisamente.

Es imposible definir un número absoluto para el número óptimo de puntos requeridos, pero un estimado razonable, basado en la experiencia, dice que deben existir al menos 20 puntos en la zona lineal. La tasa de muestreo a la que se adquieren los datos y la velocidad del cabezal influyen en la cantidad de datos que se van a registrar en el computador.

Esta tabla muestra los requerimientos necesarios en el instrumento para asegurar que la zona lineal presente al menos 20 puntos:

VELOCIDAD CABEZAL	DESPLAZAMIENTO ANTES DE DEFORMACIÓN PLÁSTICA	TASA DE MUESTREO REQUERIDA	TIEMPO ENTRE PUNTOS
mm/min(in/min)	mm (in)	puntos/seg	ms
500 (20)	12.5 (.5)	13.3	75
500 (20)	2.5 (.1)	66.7	15
200 (10)	10 (.5)	6.67	150
200 (10)	2 (.1)	33.3	30
20 (1)	10 (.5)	.6667	1500
20 (1)	2 (.1)	3.33	300
1 (.1)	5 (.5)	.0667	15000
1 (.1)	1 (.1)	.3333	3000

TABLA 4-2. Tasa de muestreo sugeridas Módulo Young

Los valores mostrados en la tabla no son absolutos y no deben ser tratados como una regla general. Por ejemplo, para obtener más puntos en la zona lineal y aumentar la precisión de los resultados, el usuario puede aumentar la tasa de muestreo a una mayor a la especificada en la tabla, si esto no interfiere con cualquier otra operación. La única desventaja es que estos cálculos pueden tomar más tiempo en ejecutarse.

De la misma manera, el usuario puede decidir usar una tasa de muestreo menor si el ancho de banda del instrumento limita la tasa de muestreo, o si la

velocidad con la que se ejecutan los cálculos es mas importante que la precisión de éstos.

El diagrama de flujo para el cálculo del Módulo de Young se encuentra en las Figuras 4-60 y 4-61.

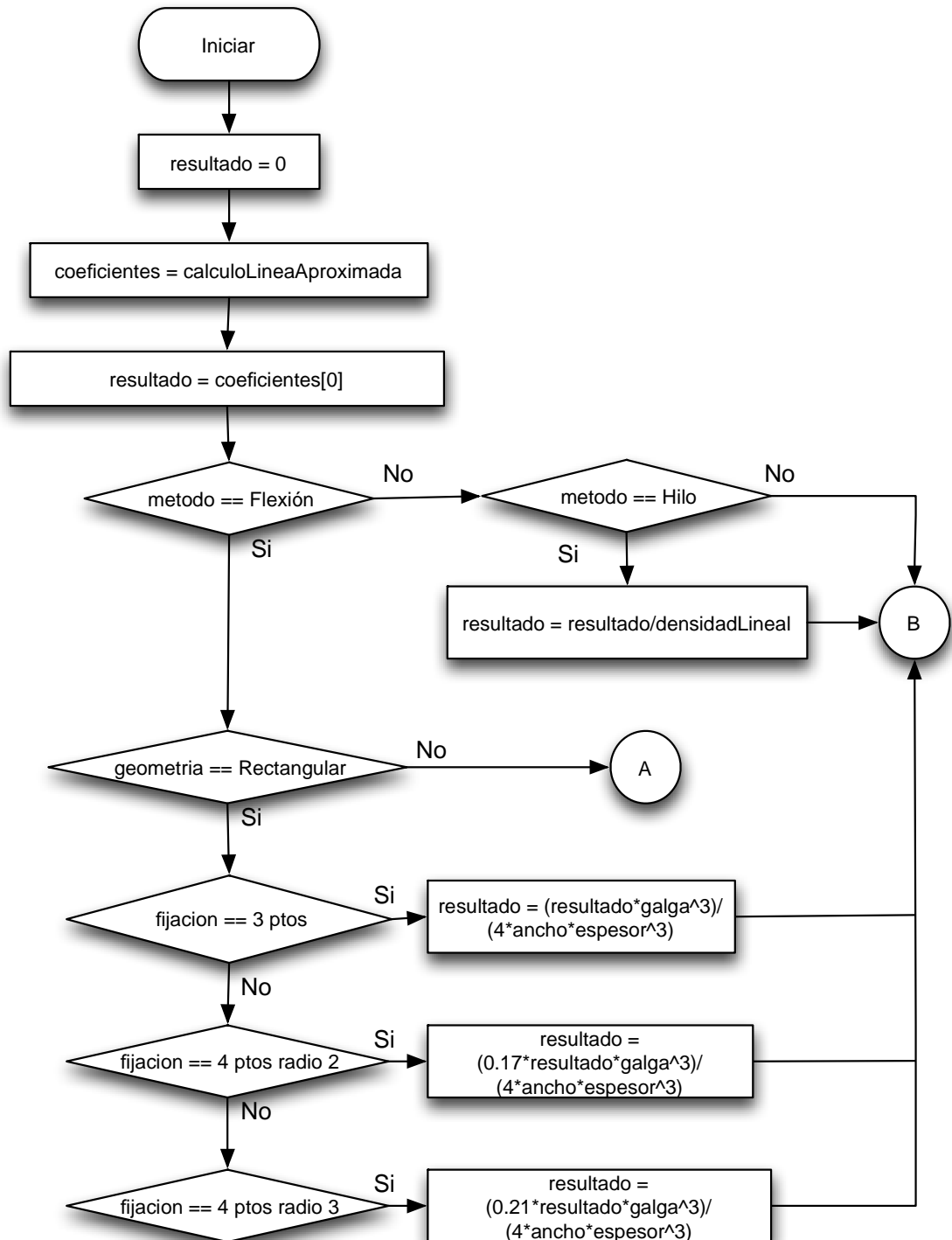


FIGURA 4-60. Diagrama de Flujo Cálculo Módulo de Young

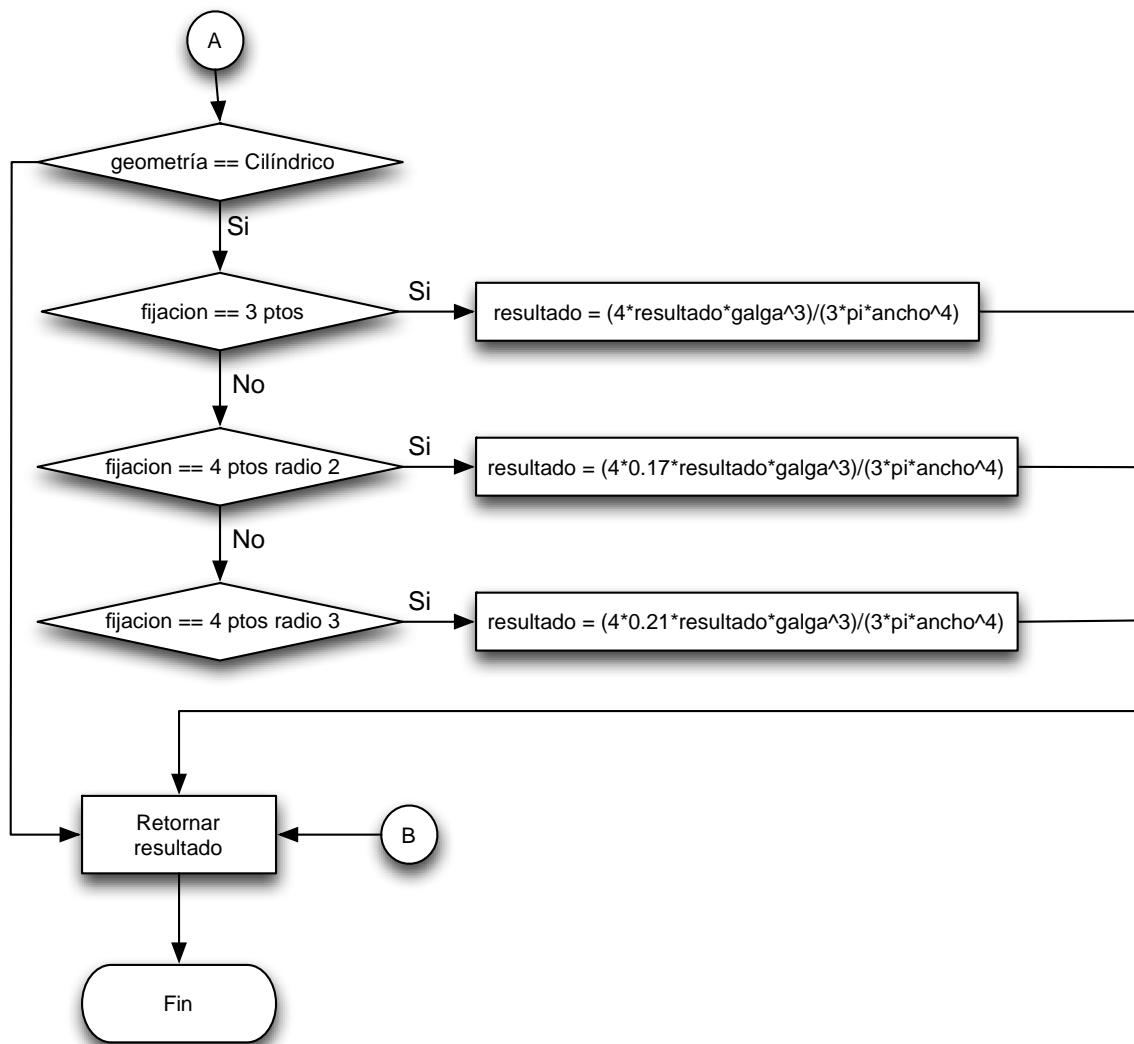


FIGURA 4-61. Diagrama de Flujo Cálculo Módulo de Young

Este método utiliza una función llamada `calculoLineaAproximada()`, la cual devuelve una dupla (pendiente, cruce) de la recta equivalente en la zona lineal.

Este cálculo responde a la lógica provista por el fabricante de acuerdo a las ecuaciones que se deben aplicar dependiendo del tipo de prueba realizada, así como, de la geometría de la muestra.

4.1.5.14.5.- Cálculo Línea Aproximada

Este cálculo recibe los valores designados por el usuario a través de la función `buscarRegionLineal()`, con esta información el algoritmo realiza lo siguiente:

- Divide los datos entre los valores inicial y final en 6 regiones iguales con un solapamiento del 0%.
- Aplica un algoritmo de ajuste de mínimos cuadrados utilizando una llamada a la librería `NUMPY.POLYFIT` de Python a todos los puntos de cada región, para determinar la pendiente de cada región.
- Determina el par de regiones consecutivas que tiene la mayor suma de pendientes.
- A partir de este par, determina la región que tiene la mayor pendiente y asigna el módulo a dicha región.

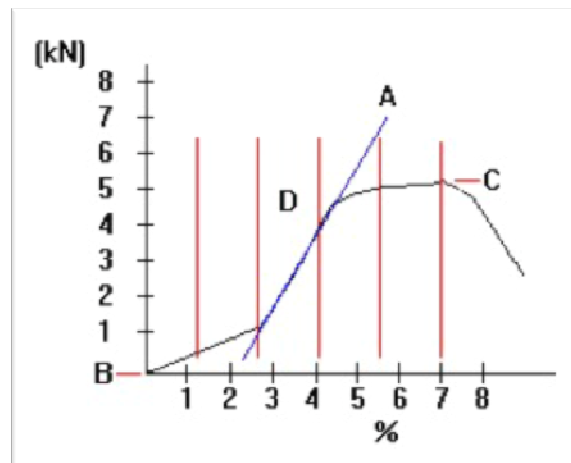


FIGURA 4-62. Definición Cálculo Módulo de Young

Como resultado de este algoritmo, se devuelve la pendiente y el cruce correspondiente a la recta aproximada en forma de dupla (`pendienteMax`, `cruceMax`).

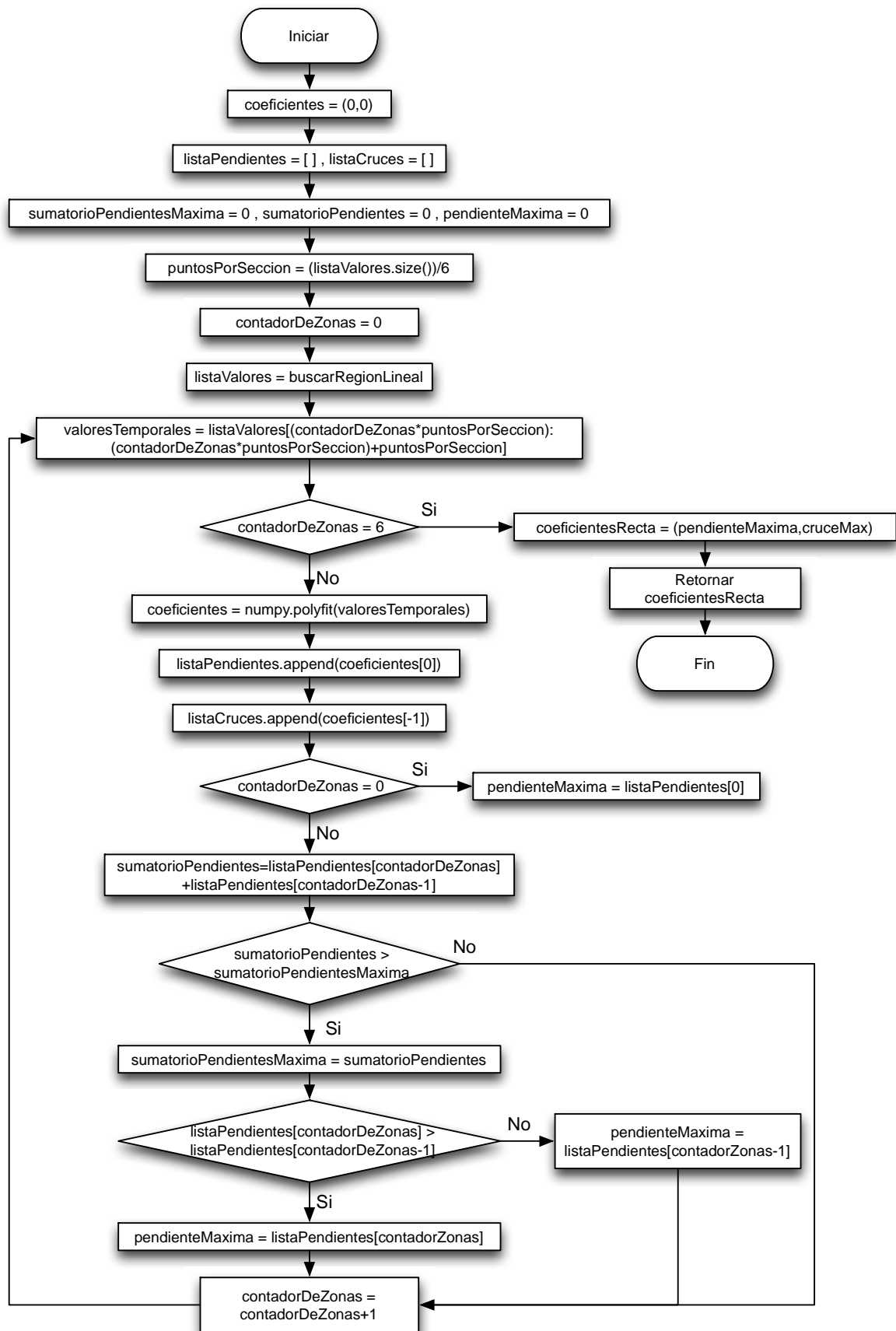


FIGURA 4-63. Diagrama de Flujo Cálculo Línea Aproximada

4.1.5.14.6.- *Buscar Región Lineal*

Esta función selecciona los puntos que se deben usar para los cálculos de aproximaciones de mínimos cuadrados.

El usuario debe especificar los límites entre los cuales desea realizar el análisis, y el algoritmo genera una lista con los puntos contenidos entre estos límites. El usuario puede especificar los límites de la siguiente manera:

- Carga
- Desplazamiento
- Estrés
- Deformación
- Fracción de Máxima Carga
- Ingreso Gráfico
- Automático

Tipo Parámetro Módulo de Young	Automático
Límite Inferior Zona Lineal	1,000 KN
Límite Superior Zona Lineal	3,000 KN

FIGURA 4-64. Especificación Límites de Zona Lineal

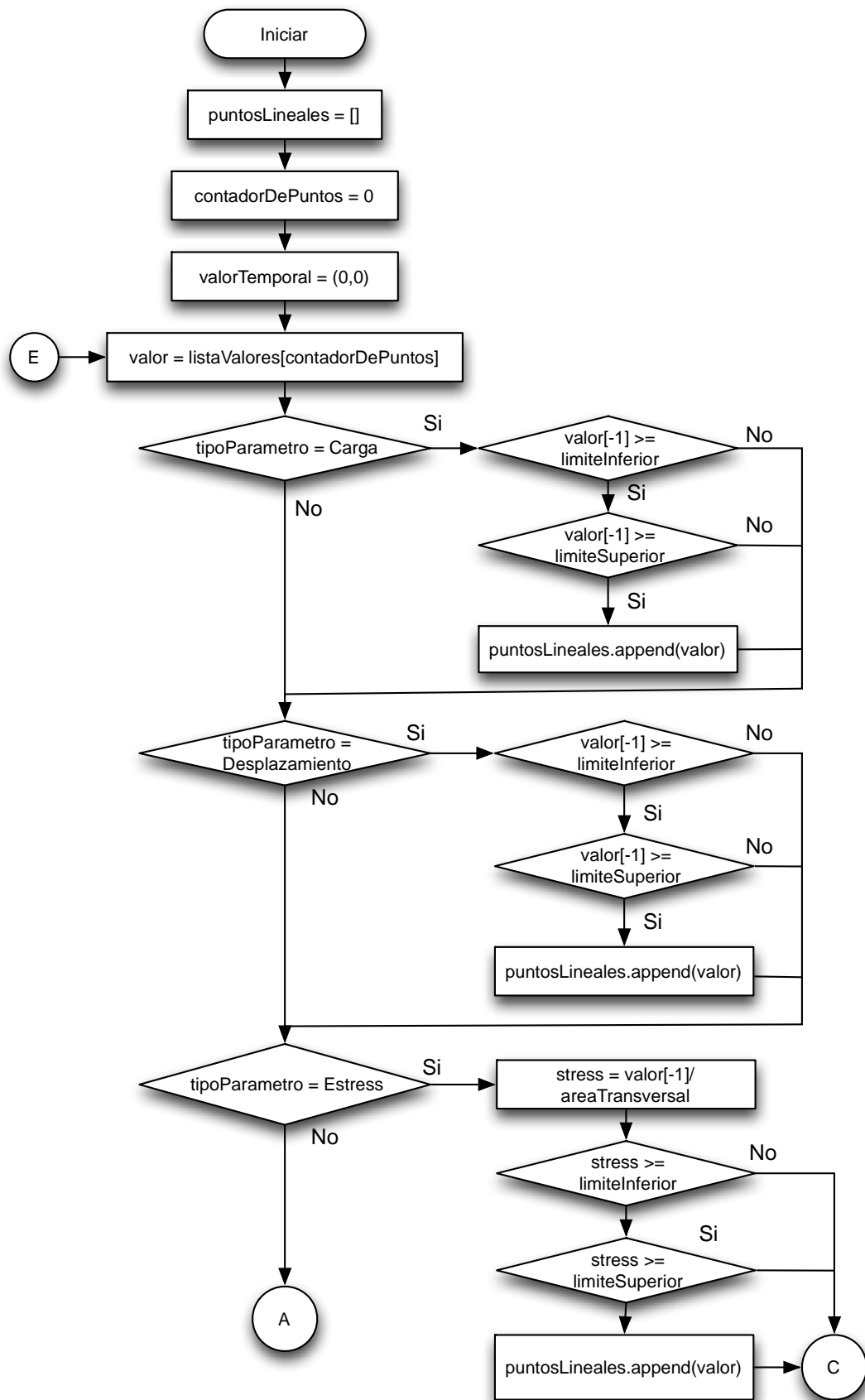


FIGURA 4-65. Diagrama de Flujo Cálculo Buscar Región Lineal

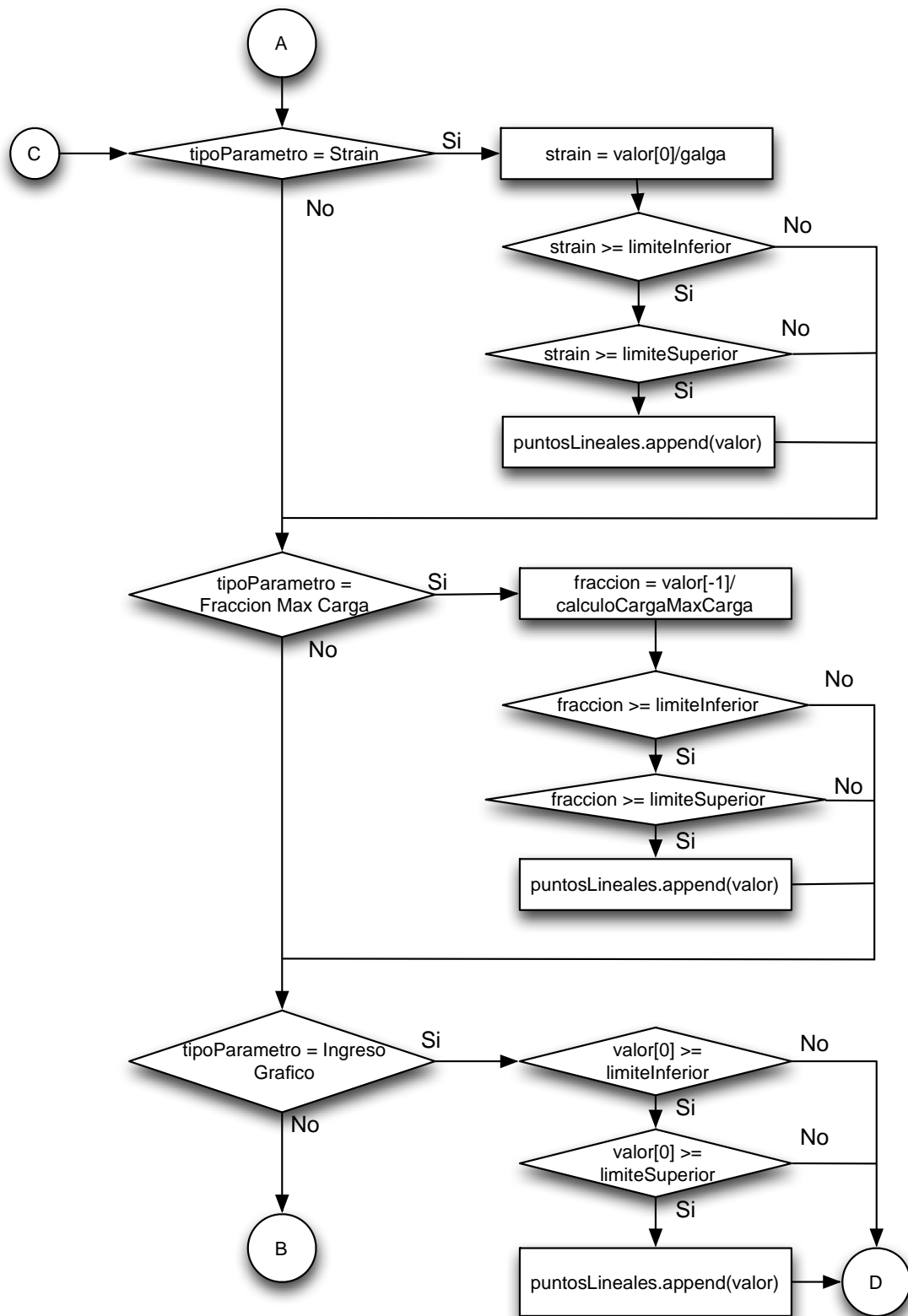


FIGURA 4-66. Diagrama de Flujo Cálculo Buscar Región Lineal.

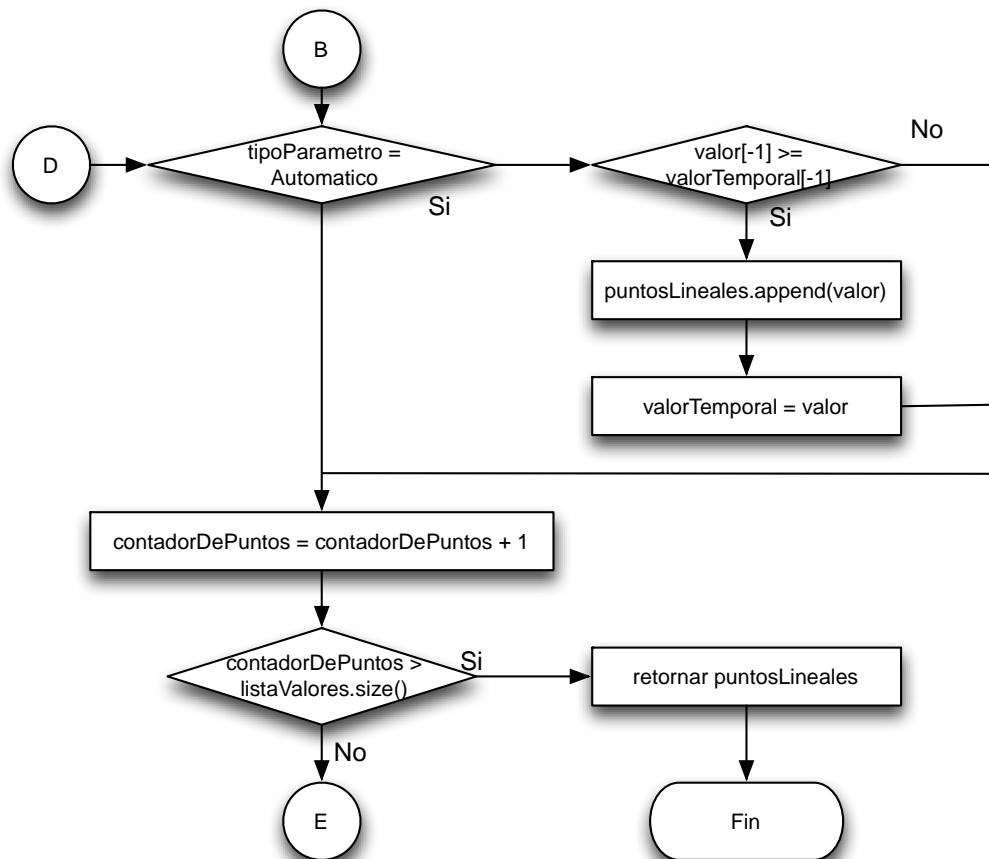


FIGURA 4-67. Diagrama de Flujo Cálculo Buscar Región Lineal.

4.1.5.15.- Cálculos a Compensación

El cálculo del punto de compensación, también conocido como Prueba de Estrés, determina el estado de la muestra en dos condiciones. Para realizar este cálculo es necesario primero determinar el valor de la pendiente de la zona lineal, el Punto de Compensación es definido como el punto de intersección de la curva y una línea paralela a la zona lineal pero separada horizontalmente un valor especificado por el usuario en términos de desplazamiento o Deformación, como se muestra en la Figura 4-53.

El método para determinar la pendiente inicial es el mismo que se utiliza para calcular el Módulo de Young.

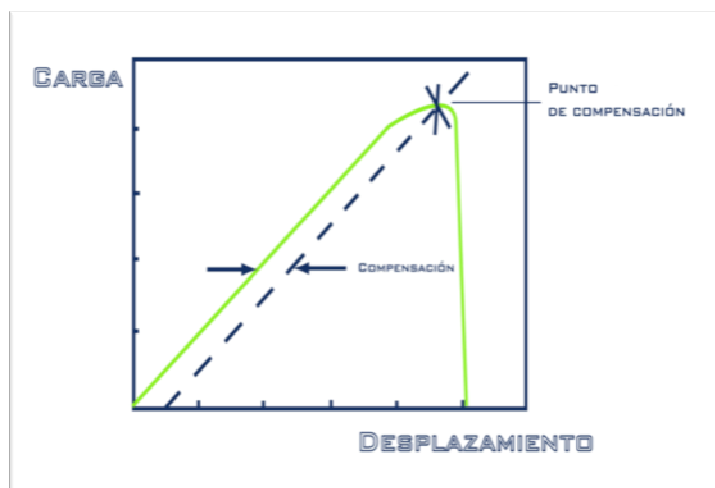


FIGURA 4-68. Definición Cálculo Punto Máxima Carga.

4.1.5.15.1.- Cálculo Recta Compensada

Este algoritmo utiliza el método `calculoLineaAproximada()` definido previamente para calcular el Módulo de Young con el objetivo de obtener los coeficientes de la recta aproximada correspondiente a la zona lineal de la muestra, y su función es desplazar esta recta una cantidad especificada por el usuario, ya sea como desplazamiento o porcentaje de deformación.

Recta Lineal $\rightarrow y = mx + b$

Recta Compensada $\rightarrow y = mx + (b - m\rho)$

ECUACIÓN 4-8. Definición de la recta compensada.

Donde ρ es el valor que se desea desplazar la recta con respecto a la recta lineal.

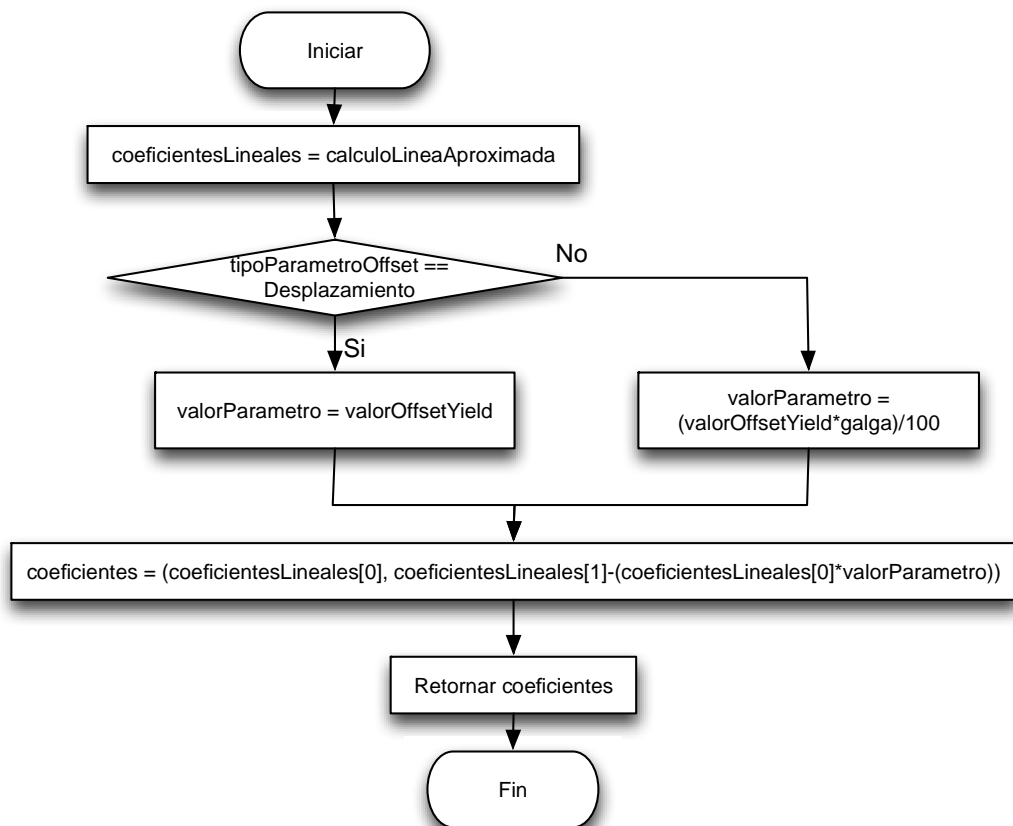


FIGURA 4-69. Diagrama de Flujo Cálculo Recta Compensada.

4.1.5.15.2.- Cálculo Punto Compensación

El cálculo del Punto de Compensación, se encarga de encontrar el punto de intersección entre la curva del experimento y la recta compensada, para obtener la recta compensada, se utiliza el método `calculoRectaCompensada()` para obtener la pendiente y el cruce en forma de dupla (pendiente, cruce).

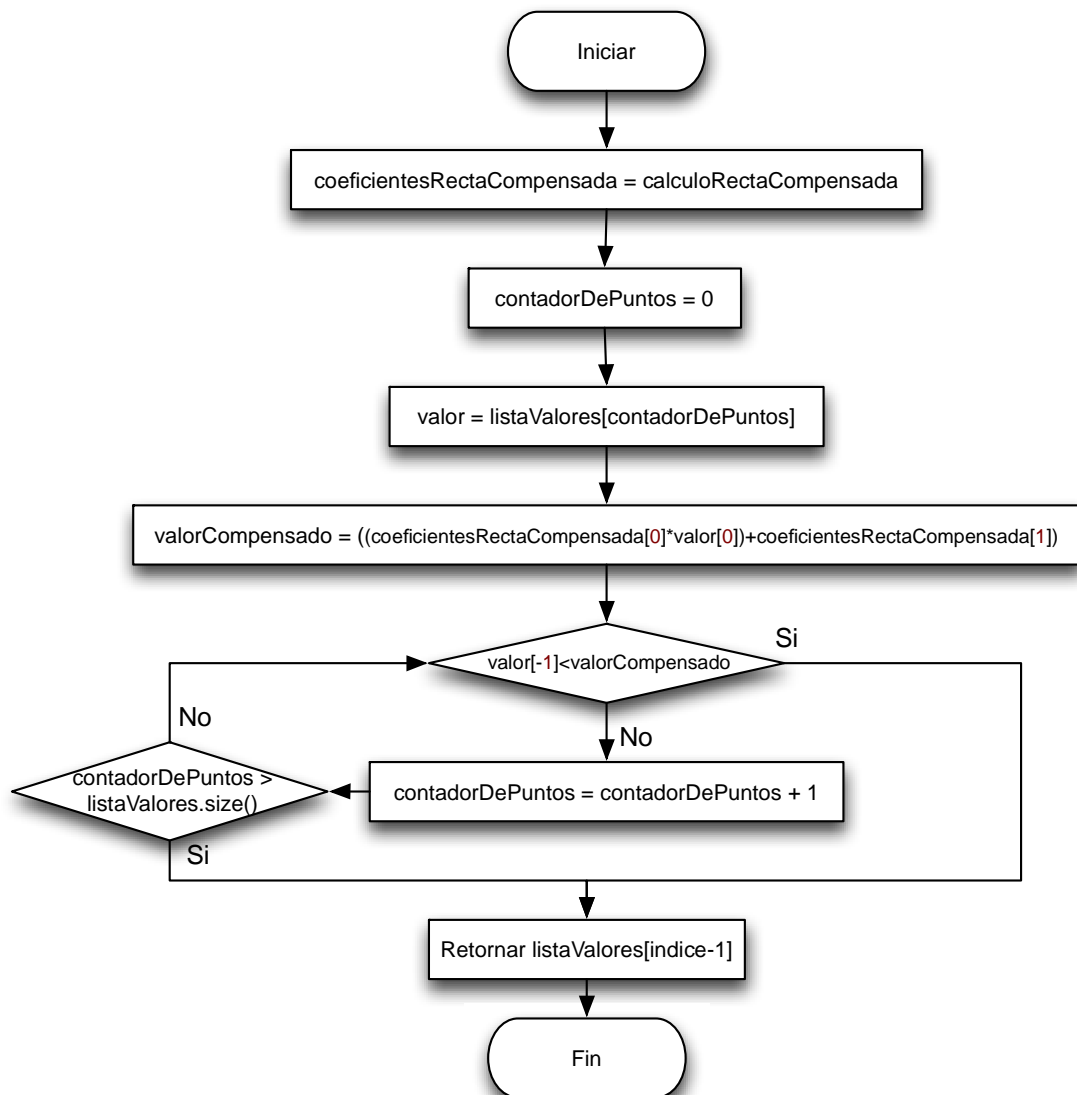


FIGURA 4-70. Diagrama de Flujo Cálculo Punto Compensación.

4.1.5.16.- Cálculo de Energía

Estos cálculos son una medida del trabajo hecho sobre un espécimen durante una prueba.

La energía utilizada entre dos puntos arbitrarios durante la prueba, corresponde al área bajo la curva estrés/deformación entre estos dos puntos.

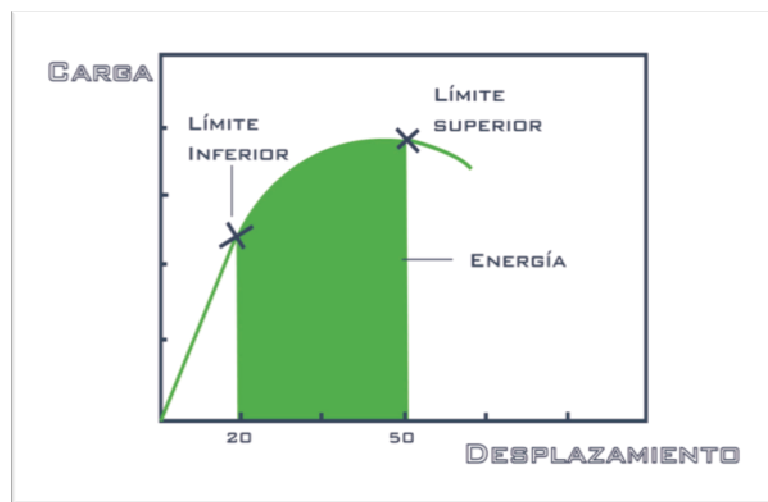


FIGURA 4-71. Definición Cálculo Energía.

4.1.5.16.1.- Energía a Compensación

Este algoritmo calcula el área bajo la curva estrés/deformación entre el origen de la curva y el Punto de Compensación, para lo cual se reutiliza la función `calculoPuntoCompensación()` definida previamente para los cálculos de compensación.

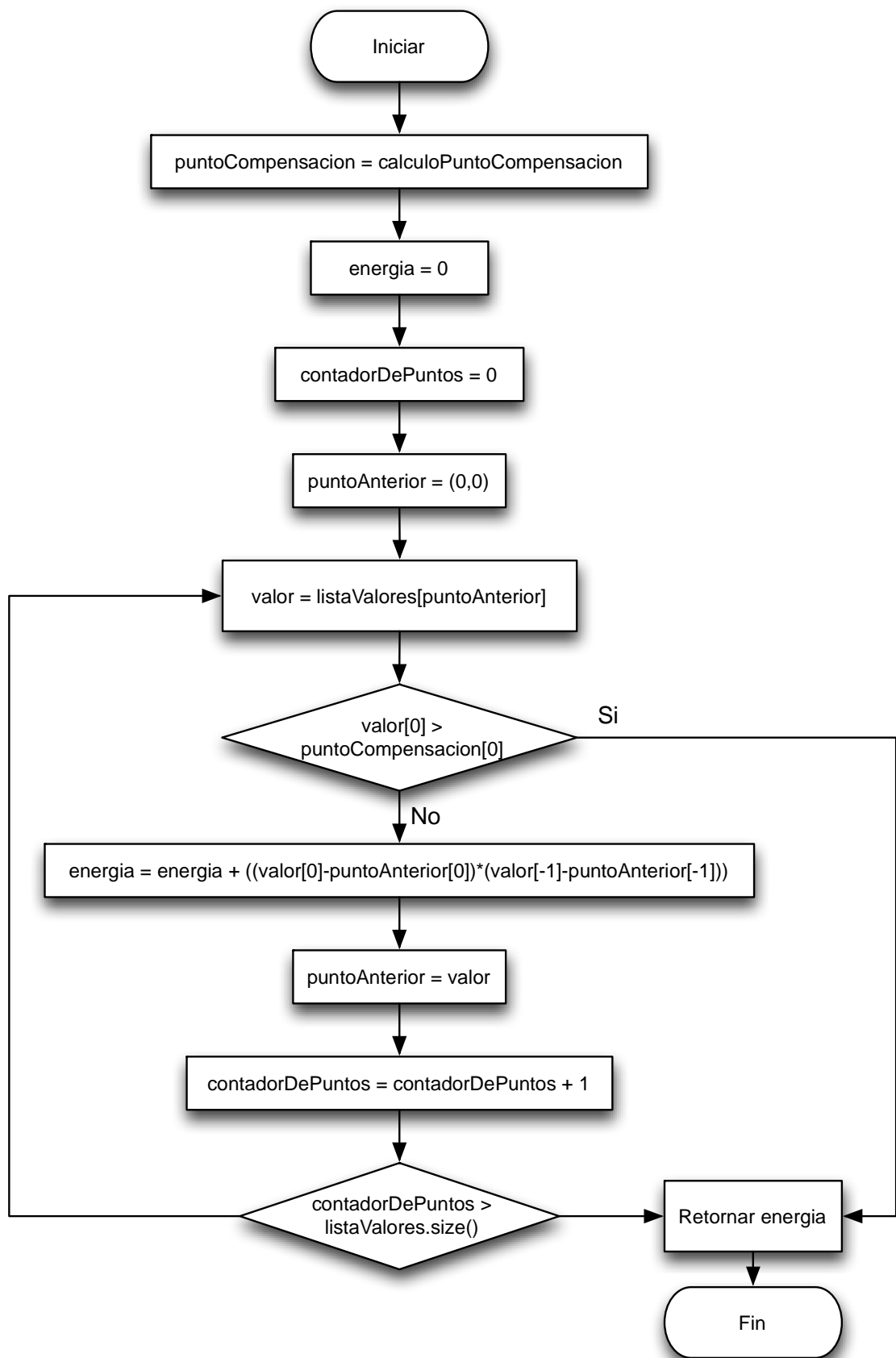


FIGURA 4-72. Diagrama de Flujo Cálculo Energía a Compensación.

4.1.5.16.2.- Energía a Rotura

El cálculo de Energía a Rotura corresponde al área bajo la curva estrés/deformación entre el origen de la curva y el Punto de Rotura, para lo cual se reutiliza la función `calculoPuntoRotura()` definida previamente para los cálculos de rotura.

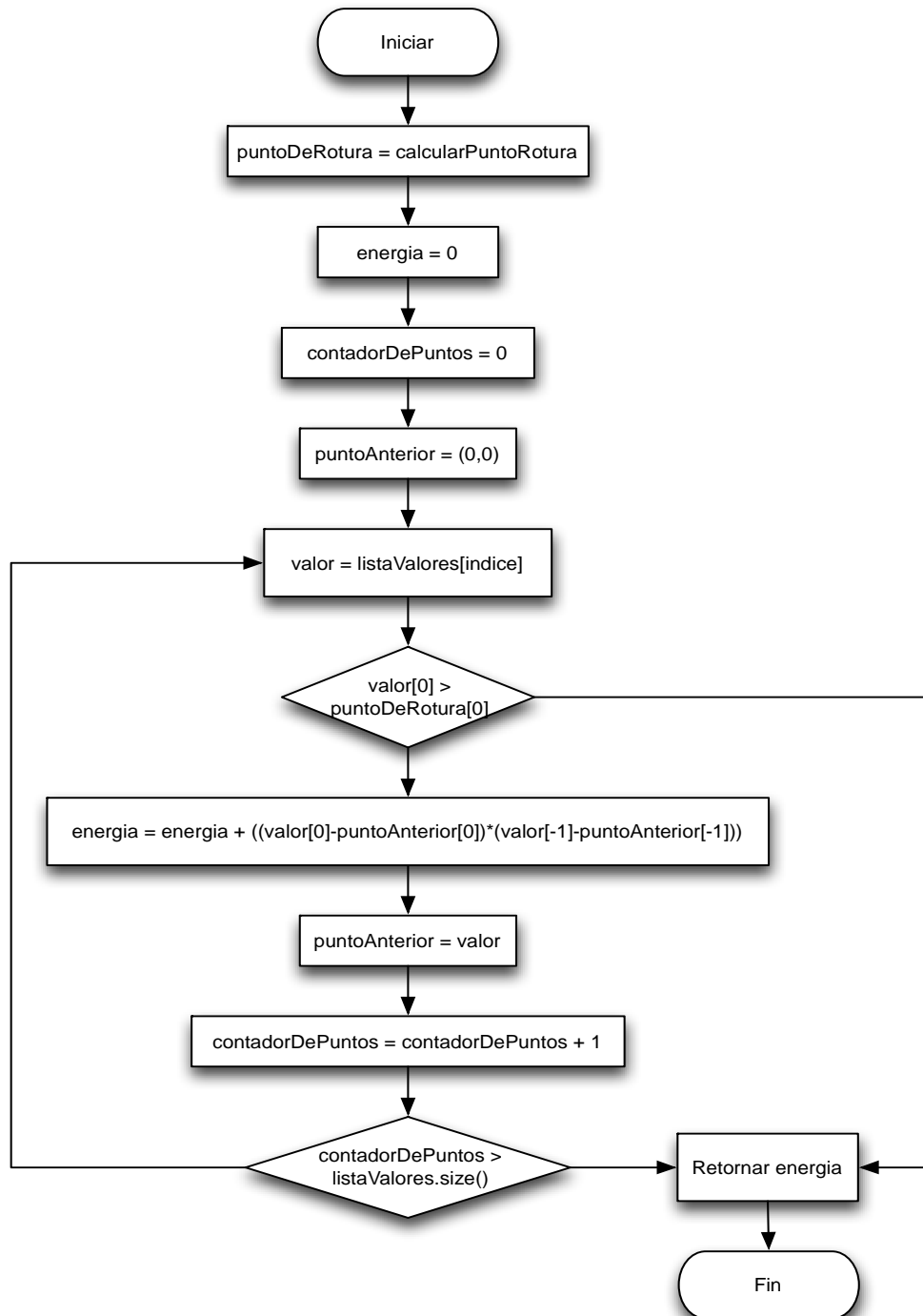


FIGURA 4-73. Diagrama de Flujo Cálculo Energía a Rotura.

4.2.- MENÚ PRESENTADOS

4.2.1.- SUBMENÚ PRINCIPAL

El submenú Principal se muestra en la Figura 4-74. Esta es la primera pantalla que aparece cuando inicia el programa.

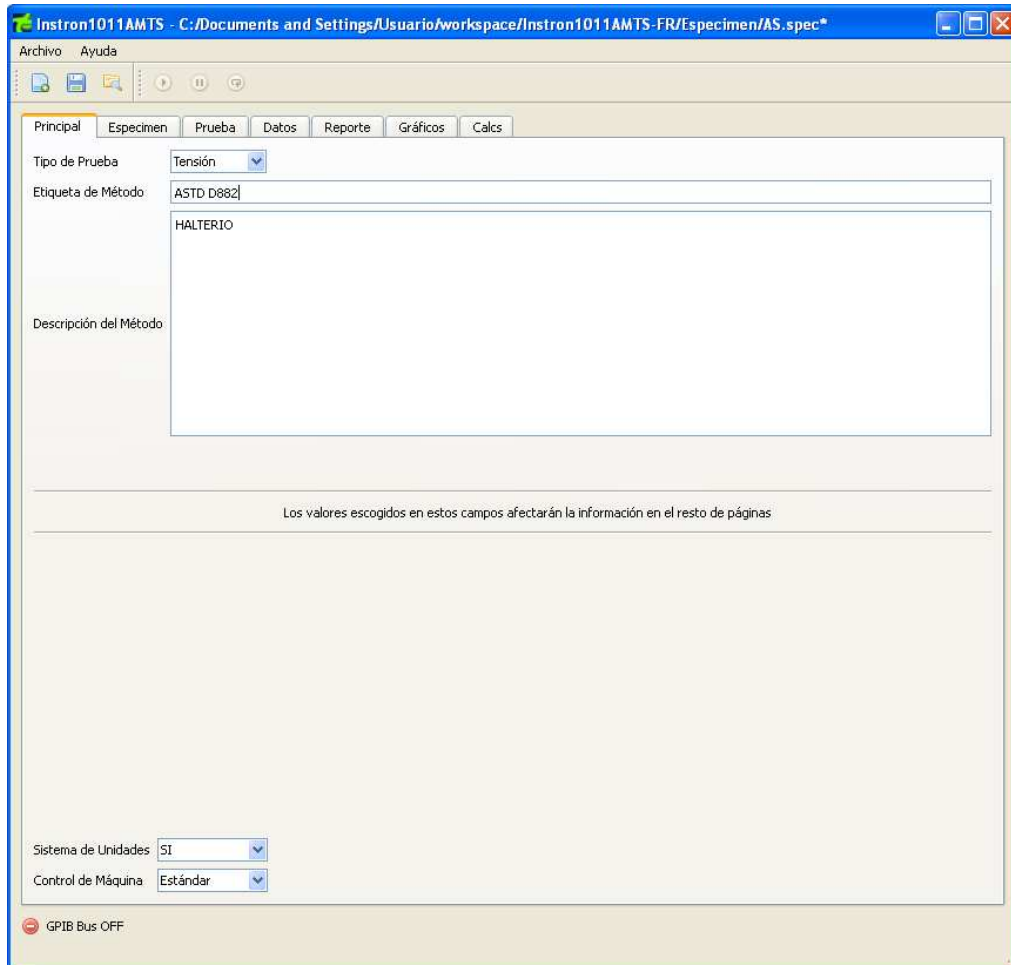


FIGURA 4-74. Pantalla Principal Software Instron1011AMTS.

Los campos disponibles se dividen en dos secciones.

La sección superior contiene 2 campos de texto que etiquetan y describen el método de prueba que va a ser creado.

La sección inferior contiene dos campos de selección, el valor de estos campos afectará significativamente los contenidos de los submenús de Espécimen, Prueba y Datos que se describirán mas adelante en el capítulo. Por esta razón, el usuario deberá configurar estos campos primero antes de modificar los valores en cualquier otro submenú.

4.2.1.1- Etiqueta y Descripción del Método

La Etiqueta de Método es una línea de máximo 60 caracteres que identifica el Método de Prueba: por ejemplo, “Prueba de Tensión de Metales”.

La Descripción del Método consiste en un campo de texto libre que permite describir con mayor profundidad el Método de Prueba.

4.2.1.2- Sistema de Unidades

El campo de Sistema de Unidades permite al usuario visualizar el sistema de unidades configurado en el instrumento.

Todos los parámetros de entrada incluyen las lecturas desde y hasta el instrumento, tal como, la velocidad del cabezal; y los parámetros ingresados por el usuario como por ejemplo, las dimensiones del espécimen, se enviaran de acuerdo al sistema de unidades especificado en este campo.

La siguiente tabla lista los sistemas de unidades disponibles y las correspondientes unidades para desplazamiento, carga y velocidad del cabezal.

PARÁMETRO	UNIDADES			
	SI	US	MÉTRICO	MIXTO
Desplazamiento	mm	in	mm	in
Carga	kN	lbs	kg	g
Velocidad	mm/min	in/min	mm/min	in/min
Estrés	MPa	lbs/in ² (psi)	kg/mm ²	g/in ²
Strain	mm/mm	in/in	mm/mm	in/in
Módulos	MPa	lbs/in ² (psi)	kg/mm ²	g/in ²
Carga Normalizada	N/mm	lbs/in	kg/mm	g/in
Área	mm ²	in ²	mm ²	in ²
Energía	J	lbs.in	kg.mm	g.in
% Strain	%	%	%	%

TABLA 4-3. Sistemas Unidades Soportadas Software Instron1011AMTS

Es esencial para el instrumento INSTRON1011AMTS, que el sistema de unidades se configure primero en el instrumento.

El valor mostrado en este campo afectará todos los campos de ingreso y visualización de datos.

4.2.1.3- Control de Instrumento

El campo de Control de Instrumento es un campo de selección que le permite escoger entre:

DESHABILITADO: Cuando se selecciona, se deshabilita el control del instrumento por medio del software.

ESTÁNDAR: Cuando se selecciona este valor, todas las funciones de control del instrumento se activan, incluyendo arranque de muestreo, velocidad de cabezal, criterios de fin de experimento, etc.

RELAJACIÓN: En este método se mantiene los privilegios del control Estándar mas una función de detener el cabezal durante un tiempo especificado mientras la muestra se “relaja” bajo carga.

4.2.2.- SUBMENÚ ESPÉCIMEN

El submenú Espécimen se muestra en la Figura 4-75. Este submenú contiene toda la información relevante al espécimen de prueba.

Principal Espécimen Prueba Datos Reporte Gráficos Calcs

Etiqueta de Método: ASTD D882

HALTERIO

Descripción del Método

Información de Especimen

Tipo: ASTM

Geometría: Rectangular

Predeterminado

Ancho: 6,00000 mm

Espesor: 2,14000 mm

Galga: 25,00000 mm

Distancia entre Pinzas: 65,00000 mm

Etiqueta Personalizada:

Tipo de Flexión: 3-puntos

GPIB Bus OFF

FIGURA 4-75. Pantalla Especimen Software Instron1011AMTS

4.2.2.1- Tipo de Especimen

El campo de Tipo de Especimen es un identificador de 4 caracteres que identifican la muestra entera. Una etiqueta apropiada podría ser “ASTM” para una muestra que cumple con las especificaciones de la norma ASTM o “ISO” para una muestra que cumple con las especificaciones de la norma ISO.

4.2.2.2- Geometría

El campo Geometría es un campo de selección cuyo contenido depende del valor seleccionado en el Método de Prueba del Submenú Principal. Por ejemplo, especímenes de hilo/fibra y flexión requieren un campo de dimensiones diferente para que el software pueda calcular su área transversal.

MÉTODOS DE TENSIÓN O COMPRESIÓN:

RECTANGULAR: Si está seleccionada esta opción, aparecen dos campos más, pidiéndole al usuario que ingrese el ancho y el espesor del espécimen.

CILÍNDRICO: Si está seleccionada esta opción, aparece un campo más pidiéndole al usuario que ingrese el diámetro del espécimen.

AREA: Si está seleccionada esta opción, aparece un campo mas pidiéndole al usuario que ingrese el área transversal del espécimen.

TUBULAR: Si está seleccionada esta opción, aparecen dos campos mas pidiéndole al usuario que ingrese el diámetro externo y el ancho de pared del espécimen.

MÉTODO DE HILO/FIBRA:

RECTANGULAR: Si está seleccionada esta opción aparece un campo mas pidiéndole al usuario que ingrese la densidad lineal del espécimen.

CILÍNDRICO: Si está seleccionada esta opción, aparece un campo más pidiéndole al usuario que ingrese la densidad lineal del espécimen.

METODO DE FLEXIÓN:

RECTANGULAR: Si está seleccionada esta opción, aparece un campo más pidiéndole al usuario que ingrese la densidad lineal del espécimen.

CILÍNDRICO: Si está seleccionada esta opción, aparece un campo más pidiéndole al usuario que ingrese la densidad lineal del espécimen.

4.2.2.3- Longitud de Galga

Este campo aparece únicamente en las pruebas de tensión y compresión, en el caso de pruebas de flexión en su lugar aparece un campo llamado SPAN. La definición de longitud de galga difiere entre los diferentes tipos de especímenes.

Para pruebas de tensión o compresión de un espécimen de área transversal uniforme, la longitud de galga es la distancia entre las pinzas o placas de compresión.

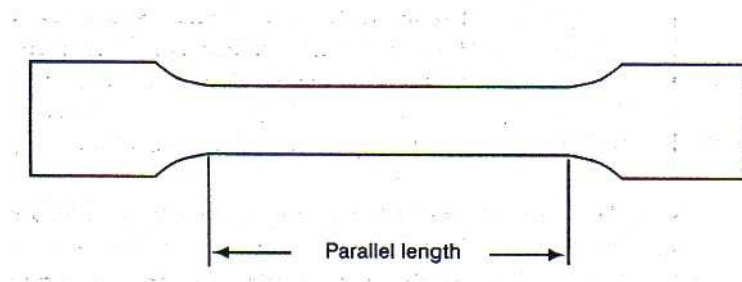


FIGURA 4-76. Longitud de Galga

4.2.2.4- Span

Este campo aparece solamente para el método de flexión. En este campo se debe ingresar el valor del span para el espécimen actual.

4.2.2.5- Distancia entre Pinzas o Separación de Placas

Este campo aparece como Distancia Entre Pinzas para métodos de Tensión y Separación de Placas, para métodos de Compresión. Si el método es hilo/fibra, este campo no aparece.

Este valor no es usado por el software para realizar ningún cálculo, sin embargo, se usa como información dentro de los reportes.

4.2.2.6- Etiqueta de Espécimen

Este campo puede ser habilitado o deshabilitado. Al habilitarlo permite ingresar una etiqueta de hasta 10 caracteres para cada espécimen, la cual aparecerá en el reporte.

4.2.2.7- Tipo de Fijación

Este es un campo de selección que solo aparece en métodos de flexión. Se debe escoger entre los siguientes tipos de fijación:

- 3 puntos
- 4 puntos, tasa de soporte 2
- 4 puntos, tasa de soporte 3

4.2.3.- SUBMENÚ PRUEBA

El submenú Prueba contiene todas las funciones para controlar el instrumento, incluyendo la velocidad del cabezal, criterio de fin de prueba y criterio de detener el cabezal. La apariencia de este menú cambia considerablemente de acuerdo a las configuraciones del submenú Principal.

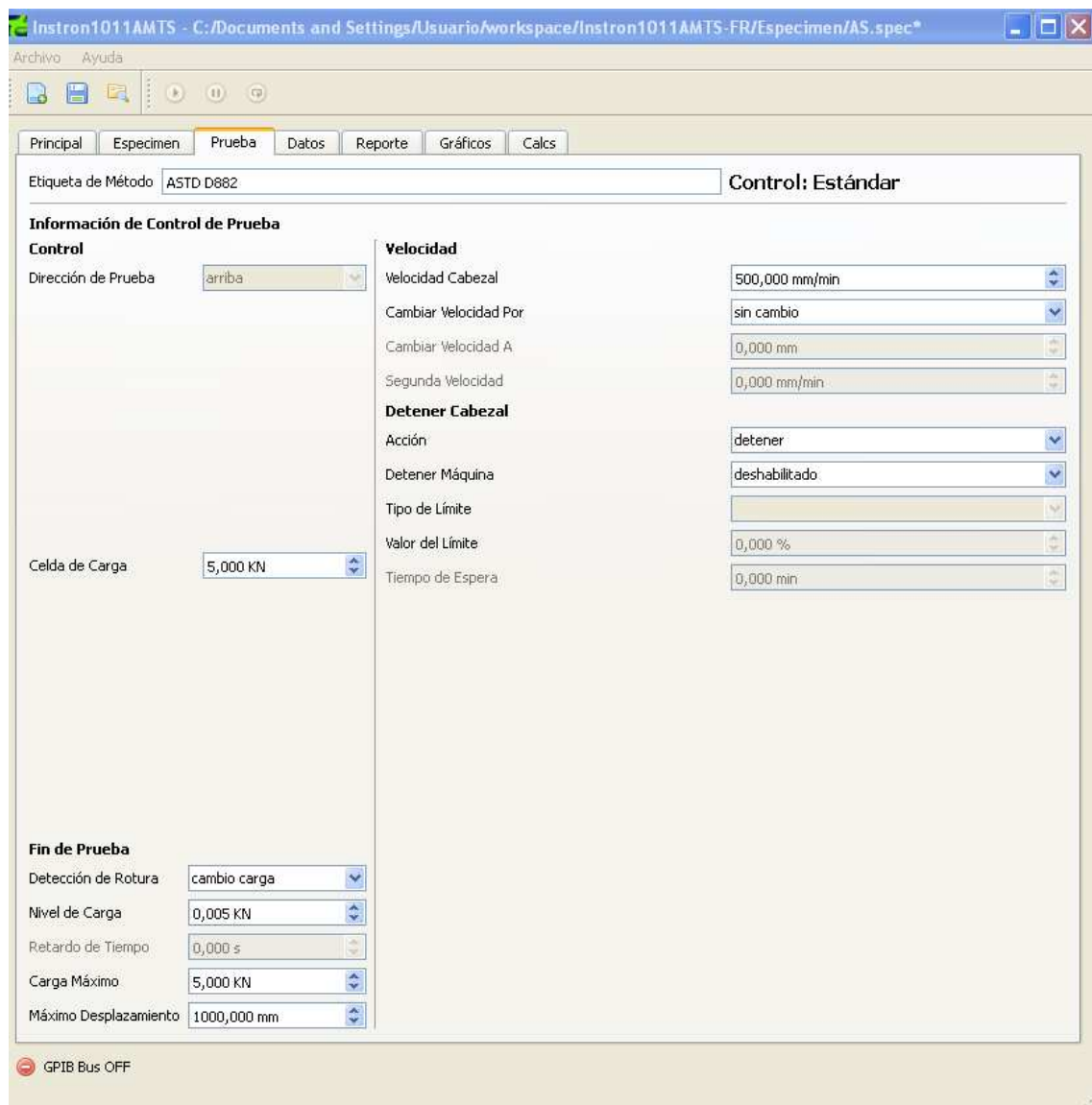


FIGURA 4-77. Pantalla Prueba Software Instron1011AMTS

4.2.3.1- Control

El campo de Dirección de Prueba permite visualizar la dirección hacia la cual el cabezal va a desplazarse, tiene 2 posibles opciones: arriba y abajo. De este valor depende el comportamiento que tendrá el instrumento ante un comando RETURN.

4.2.3.2- Fin de Prueba

El campo Fin de Prueba le permite configurar el criterio de detección de rotura, la carga y desplazamiento límite.

DETECCIÓN DE ROTURA:

CAMBIO DE CARGA: Si está seleccionada esta opción, aparece un campo mas pidiéndole al usuario que ingrese el nivel de carga.

RETARDO DE TIEMPO: Si está seleccionada esta opción, aparecen dos campos mas pidiéndole al usuario que ingrese el nivel de carga y el retardo de tiempo.

NIVEL DE CARGA:

En este campo el usuario debe ingresar el limite inferior al cual la adquisición de datos debe detenerse. Cuando la carga baja de este límite, el programa interpreta que es el fin de la prueba.

Si se escogió la opción de usar el retardo de tiempo, el monitoreo del nivel de carga se hace en conjunto con un temporizador, caso contrario el monitoreo del nivel de carga inicia cuando la carga alcanza 1.5 veces el nivel de carga especificado.

RETARDO DE TIEMPO:

Este campo solo está disponible si se especifica en el campo de Detección de Rotura “Retardo de Tiempo”.

En este campo el usuario debe ingresar la cantidad de segundos de retardo después de los cuales el programa empieza a monitorear si el nivel de carga baja del límite inferior ingresado en el campos de Nivel de Carga, una vez ocurrido este evento, el software interpreta que se terminó la prueba, detiene el muestreo de datos y el movimiento del cabezal.

MÁXIMA CARGA:

En este campo el usuario debe ingresar el límite máximo de carga. Al alcanzar este valor se detiene la adquisición de datos y se detiene la prueba.

MÁXIMO DESPLAZAMIENTO:

En este campo el usuario debe ingresar el límite máximo del desplazamiento. Al alcanzar este valor se detiene la adquisición de datos y se detiene la prueba.

4.2.3.3- Celda de Carga Usada

El campo de Celda de Carga usada especifica la máxima capacidad de la celda de carga instalada.

4.2.3.4- Velocidad

El campo de Velocidad permite al operador especificar la velocidad del cabezal, así como configurar los cambios de velocidad durante el experimento.

VELOCIDAD CABEZAL:

En este campo el usuario debe ingresar la velocidad a la que debe moverse el cabezal durante la prueba. Todo el experimento es ejecutado con esta velocidad a menos que se escoja cambiar la velocidad según el criterio del campo apropiado.

CAMBIAR VELOCIDAD POR:

Esta opción está solo habilitada en modo Estándar. Este dialogo activa dos campos de selección:

SIN CAMBIO Es la configuración predeterminada. La velocidad especificada previamente es la que se va a usar a lo largo del experimento.

DESPLAZAMIENTO Seleccionar esta opción si la prueba requiere cambiar la velocidad a un valor de desplazamiento específico. El valor de el desplazamiento se configura en el diálogo de Cambiar Velocidad A.

SEGUNDA VELOCIDAD:

Este campo se encuentra habilitado solamente si en el diálogo de Cambiar Velocidad Por se ha seleccionado Desplazamiento. Es este campo el usuario debe ingresar el valor de la velocidad a la que debe cambiar el cabezal.

CAMBIAR VELOCIDAD A:

Este campo se encuentra habilitado solamente si en el diálogo de Cambiar Velocidad Por se ha seleccionado Desplazamiento. Es este campo el usuario

debe ingresar el valor del desplazamiento al cual se debe cambiar la velocidad del cabezal.

4.2.3.5- Detener Cabezal

El campo de Detener Cabezal controla la acción que realizará el cabezal una vez que se alcance el criterio de fin de experimento, el cabezal puede tomar cualquiera de estas tres acciones.

ACCIÓN:

DETENER: El cabezal se detiene al finalizar el experimento, para regresar el cabezal a su posición original se deberá usar el proceso manual, o directamente desde el instrumento; para esto será necesario deshabilitar el botón GPIB en la Instron1011AMTS.

RETORNAR: El cabezal se detiene y retorna al punto inicial automáticamente al finalizar el experimento.

DETENER,

LUEGO RETORNAR: El cabezal se detiene al detectar el final del experimento y muestra un diálogo, esperando que el usuario ordene el regreso del cabezal.

DETENER

INSTRUMENTO:

Este campo se debe habilitar si el operador desea detener el cabezal en algún valor en particular de strain o desplazamiento. El tipo de límite y su valor se ingresan en los campos siguientes, que aparecerán habilitados.

TIPO DE LÍMITE:

En modo de control Estándar, este campo aparece cuando el operador habilita el campo Detener Instrumento. Las opciones disponibles son strain y desplazamiento. Escoger este campo si se desea detener el cabezal tanto en un valor particular de strain o desplazamiento.

En modo de control Relajación, el detener el instrumento está implícito, por lo que no se permite escoger habilitar o deshabilitar esta función, en este caso, tres opciones van a estar disponibles: carga, strain o desplazamiento.

VALOR DEL LÍMITE:

En modo de control Estándar, este campo aparece solamente cuando se habilita el campo Detener Instrumento. En este campo el operador debe ingresar el valor del strain o desplazamiento, en el cual desea que el cabezal se detenga.

En modo de control Relajación, ingrese el valor de la carga, strain o desplazamiento en el que desea que el instrumento detenga el cabezal.

TIEMPO DE ESPERA:

En este campo el usuario debe ingresar el tiempo en minutos que desea que el cabezal permanezca detenido durante la prueba.

4.2.4.- SUBMENÚ DATOS

El submenú Datos contiene todas las funciones que afectan la adquisición de datos durante una prueba, como indica la Figura 4-78.

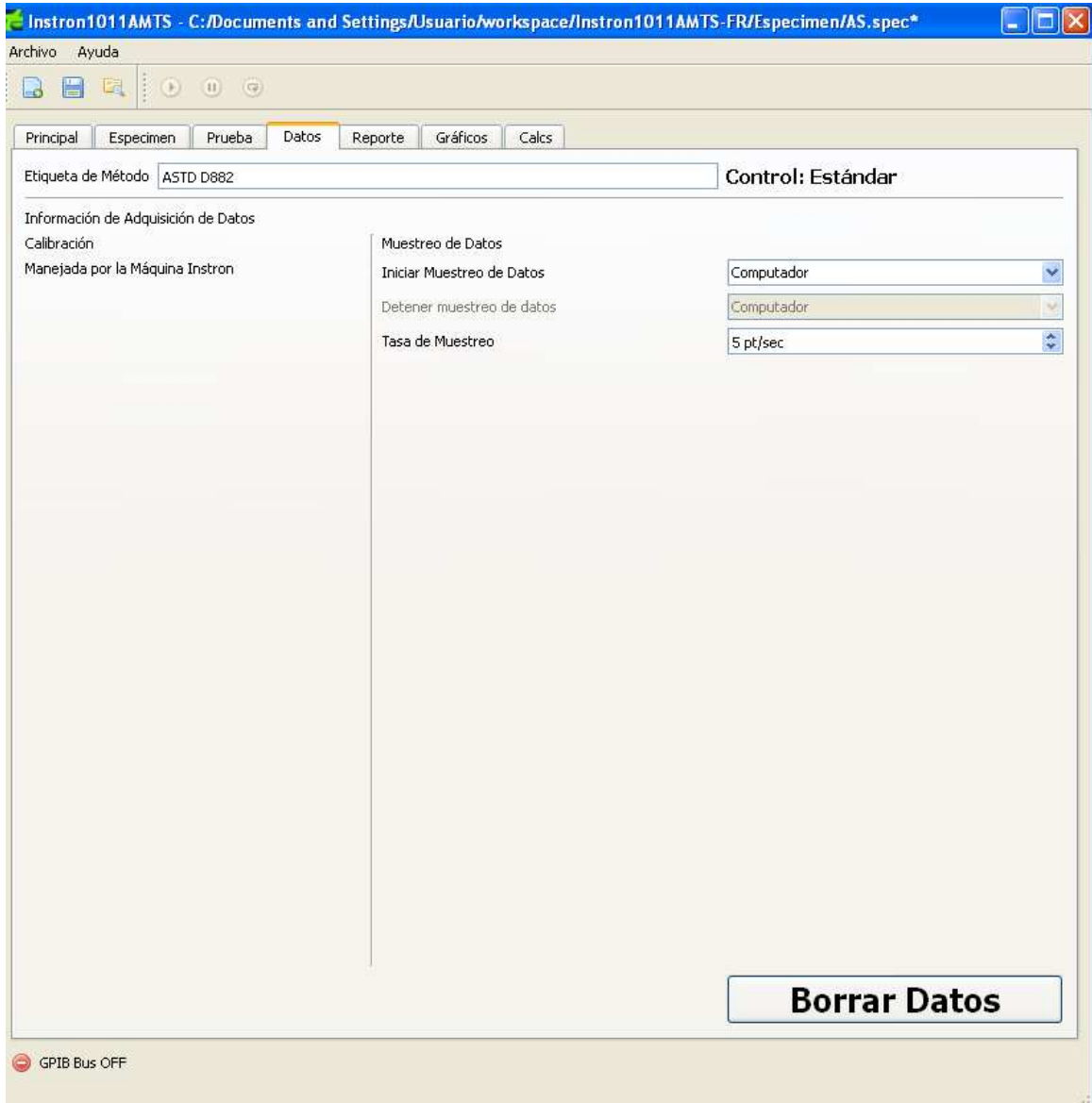


FIGURA 4-78. Pantalla Datos Software Instron1011AMTS

4.2.4.1- Calibración

El modelo 1011 calibra automáticamente la carga y los canales de strain, por lo que en este modelo siempre se muestra el mensaje: “Manejada por el instrumento Instron”.

4.2.4.2- Muestreo de Datos

INICIAR MUESTREO DE DATOS:

Esta opción está solamente disponible si el control de máquina está configurado en Estándar o Relajación. Este campo muestra dos opciones disponibles:

COMPUTADOR: Seleccionar esta opción si se desea iniciar la colección de datos desde el teclado del computador.

PINZAS: Al seleccionar esta opción la colección de datos ocurre automáticamente después de que la pinza se cierra.

Cuando el control de máquina se encuentra en estándar o relajación, la colección de datos se detiene automáticamente cuando se alcanza el criterio de fin de experimento, así como cuando se alcanza algún límite de carga o desplazamiento.

DETENER MUESTREO DE DATOS:

Este campo solo aparece si el modo de control está en Deshabilitado, en cualquier otro modo este campo se encuentra deshabilitado debido a que el muestreo de datos se detiene inmediatamente detectado el fin del experimento.

TASA DE MUESTREO:

En este campo se especifica la frecuencia de adquisición de datos, en puntos por segundo, requeridos durante la prueba. En los modelos 1011, las tasas de muestreo válidas cumplen con la siguiente condición:

20 dividido para i , donde i es un valor entero 1, 2, 3, 4, ... etc.

El mínimo valor es 0.015 punto/segundo.

4.2.5.- SUBMENÚ REPORTE

El submenú Reporte permite configurar la apariencia de los reportes generados por el software.

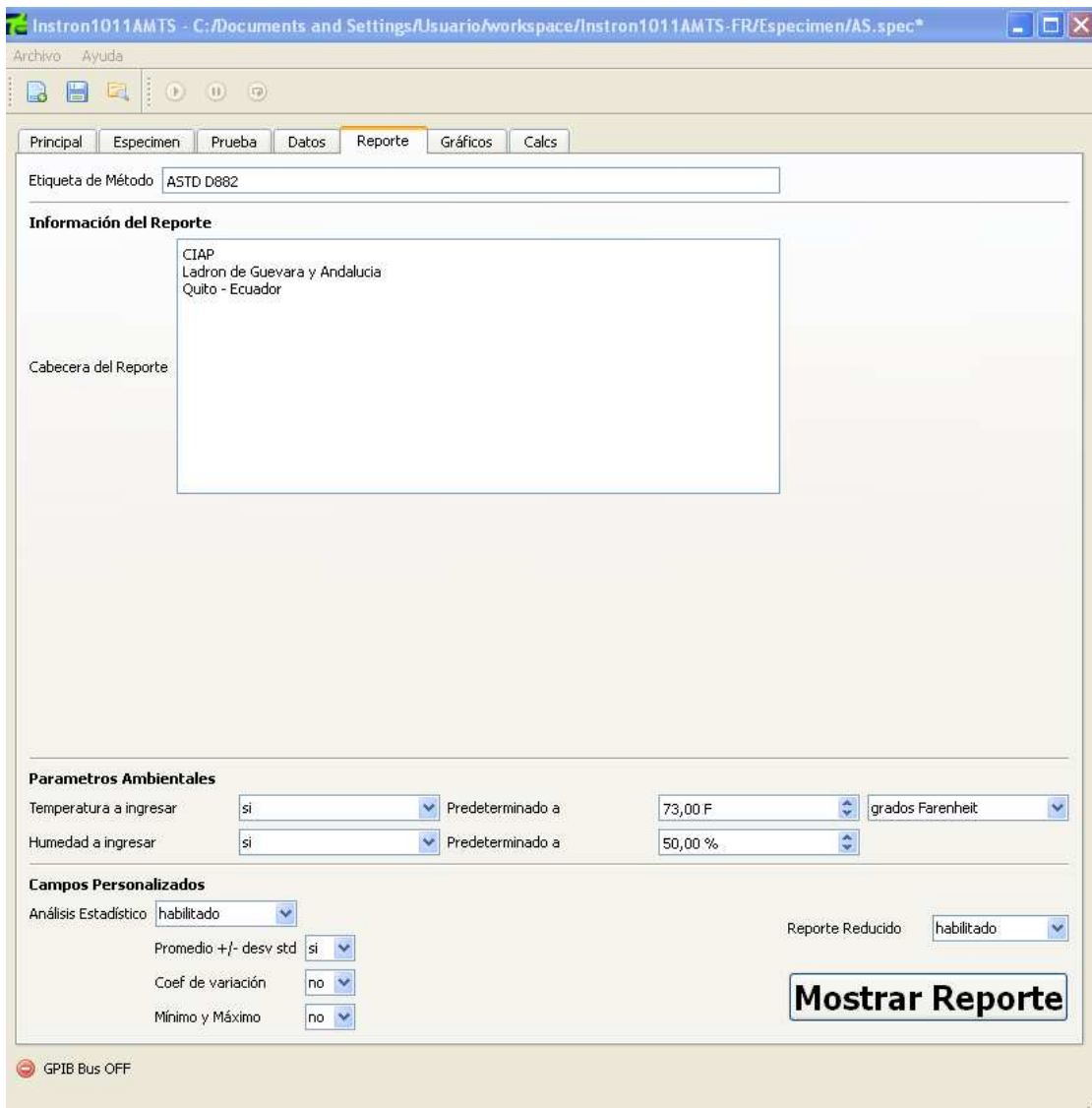


FIGURA 4-79. Pantalla Reporte Software Instron1011AMTS.

4.2.5.1- Cabecera de Reporte

Este es un campo de texto que le permite al operador incluir información como el nombre de la compañía, nombre del operador o cualquier detalle específico de la prueba.

Esta información es impresa en la parte superior del reporte generado.

4.2.5.2- Parámetros Medioambientales

Esta parte del submenú contiene cuatro campos, que permiten decidir al operador si desea imprimir la temperatura y humedad presentes durante la prueba.

TEMPERATURA A INGRESAR:

Este es un campo de decisión en el que el operador especifica si desea o no imprimir el valor de la temperatura en el reporte.

PREDETERMINADO A:

En este campo se ingresa la temperatura predeterminada, ésta corresponde a la temperatura promedio de la muestra.

GRADOS:

En esta opción se selecciona si se desea utilizar grados Fahrenheit o Celsius.

HUMEDAD A INGRESAR:

Este es un campo de decisión en el que el operador especifica si desea o no imprimir el valor de la humedad en el reporte.

PREDETERMINADO A:

En este campo se ingresa la humedad predeterminada, ésta corresponde a la humedad relativa (%) promedio de la muestra.

4.2.5.3- Análisis Estadístico

En estos campos, el operador puede seleccionar que cálculos estadísticos desea realizar sobre las muestras realizadas. Estos cálculos incluyen la desviación estándar, media aritmética, coeficiente de variación y valores máximo y mínimo.

La media aritmética \bar{x} es calculada como:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

ECUACIÓN 4-9. Definición de la media aritmética.

donde, n = número de puntos.

La desviación estándar σ_{n-1} , se calcula usando la siguiente formula:

$$\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}{n-1}$$

ECUACIÓN 4-10. Definición de la desviación estándar.

donde, n = número de puntos.

El coeficiente de variación se lo define así:

$$\frac{\sigma_{n-1}}{\bar{x}} + 100\%$$

ECUACIÓN 4-11. Definición del coeficiente de variación.

donde, n = número de puntos y \bar{x} es la media aritmética.

4.2.6.- SUBMENÚ GRÁFICOS

El submenú Gráficos de la Figura 4-80 permite configurar la apariencia de los reportes generados por el software.

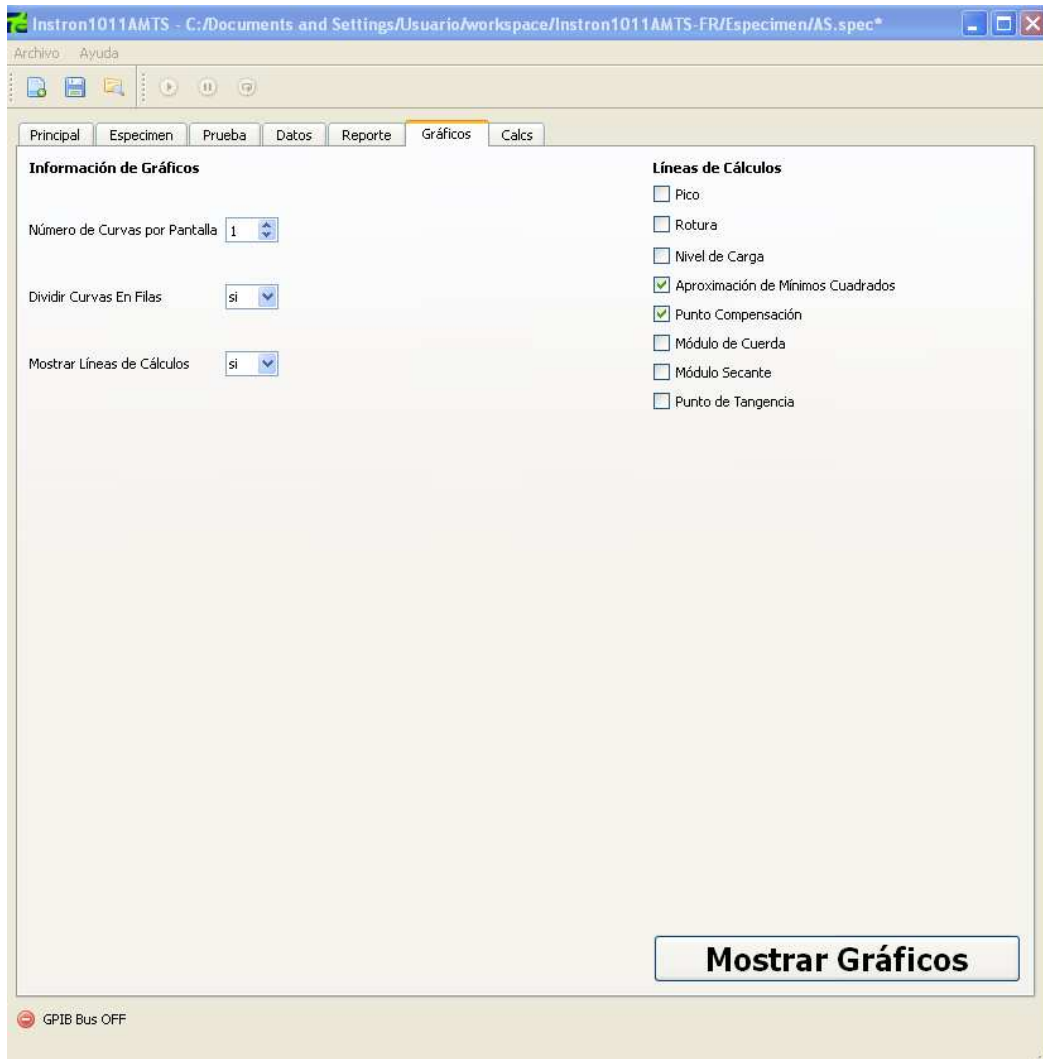


FIGURA 4-80. Pantalla Gráficos Software Instron1011AMTS

4.2.6.1- Número de Gráficos por Pantalla

Este parámetro configura el número de curvas que se van a mostrar por pantalla. El software crea tantas pantallas como sean necesarias para almacenar todas las muestras realizadas.

4.2.6.2- Mostrar Líneas de Construcción

Si este campo se encuentra habilitado, la sección de Líneas de Construcción se habilita permitiendo al operador escoger cuales líneas desea mostrar en los gráficos.

4.2.6.3- Dividir en Filas

Si este campo se encuentra habilitado, los gráficos se colocarán uno debajo de otro dentro de la pantalla, caso contrario, se colocaran uno encima del otro, con un color diferente.

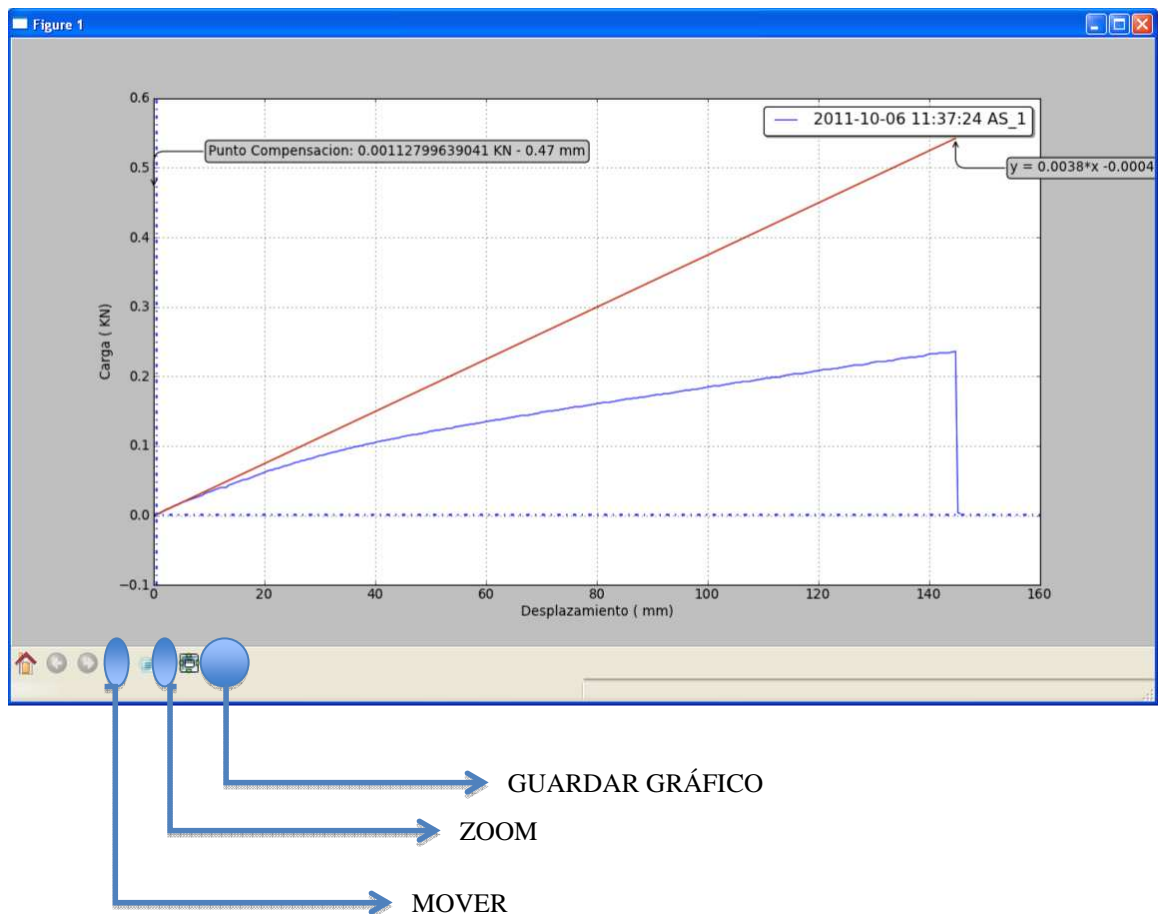


FIGURA 4-81. Gráfico Generado por el Software INSTRON1011AMTS

4.2.7.- SUBMENÚ CÁLCULOS

El submenú Cálculos permite configurar los cálculos que deben realizarse con los datos obtenidos de las pruebas e imprimirlos en el reporte. En este capítulo se detalla la configuración necesaria que para incluir un cálculo. El algoritmo específico del cálculo se explica en la sección 3.2.6.

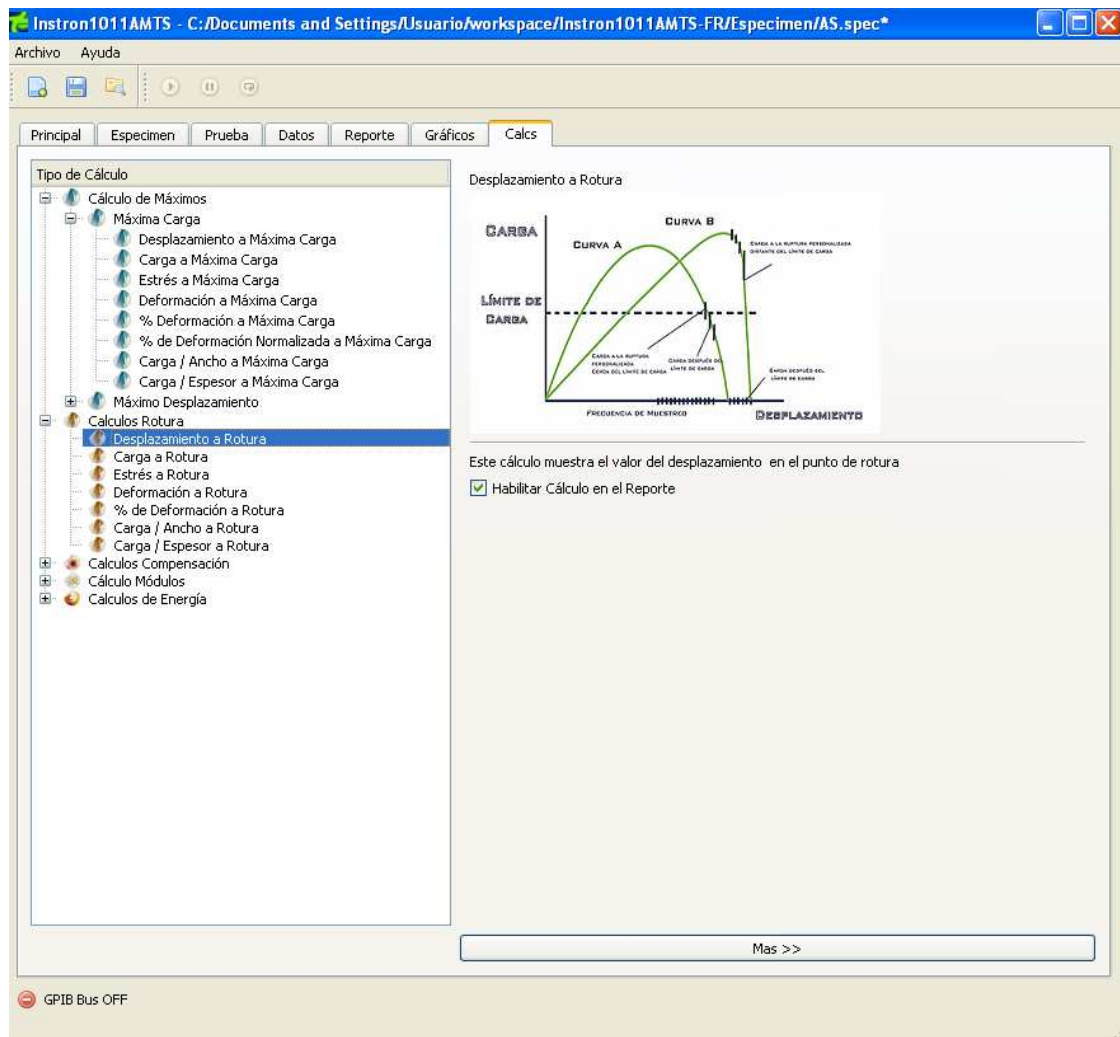


FIGURA 4-82. Pantalla Cálculos Software Instron1011AMTS

4.2.7.1- Tipo de Cálculo

Esta sección es un árbol, donde el operador puede escoger el cálculo que desea realizar sobre los cálculos, al seleccionar el cálculo aparece una descripción breve de éste en la parte derecha, junto con un check box que habilita o deshabilita el cálculo específico.

4.2.7.2- Parámetros de Cálculos

Parámetros de Cálculos

Número de Muestras

Muestra Actual ▼

Especificación de Rotura ▼ ▲▼

Punto Compensación ▼ ▲▼

Tipo de Parámetro Cuerda ▼

Límite Inferior Cuerda ▲▼

Límite Superior Cuerda ▲▼

Límite Superior Secante ▼ ▲▼

Punto Tangencia ▼ ▲▼

Tipo Parámetro Módulo de Young ▼

Límite Inferior Zona Lineal ▲▼

Límite Superior Zona Lineal ▲▼

Excluir Muestra

FIGURA 4-83. Pantalla Parámetros de Cálculos Software Instron1011AMTS

Esta sección aparece cuando se activa el botón MAS del submenú cálculos,. Esta ventana permite al operador configurar los parámetros con los que se realizan los cálculos. Estos parámetros se especifican independientemente por cada muestra ejecutada.

Los parámetros disponibles en este campo son los siguientes:

NÚMERO DE MUESTRAS:

Este campo indica al operador el número de muestras que han sido analizadas previamente.

MUESTRA ACTUAL:

En este campo se detalla a cual de las muestras analizadas se va a especificar los parámetros de los cálculos, en el caso de "Actual", son los parámetros que se usarán para la siguiente muestra que se realice.

ESPECIFICACIÓN DE ROTURA:

El algoritmo de búsqueda del punto de rotura utiliza el valor de este parámetro, que le indica al algoritmo qué criterio debe conseguirse para considerar que la muestra alcanzó el punto de rotura.

Este parámetro se puede especificar de cualquiera de las cuatro maneras siguientes:

ESPECIFICACIÓN DE ROTURA	VALOR PARÁMETRO
Carga Absoluta	F
Fracción de Máxima Carga	Número Real 0 y 1
Cambio Carga/Cambio Desplazamiento	$\Delta F / \Delta D$
Cambio Carga/Cambio % Deformación	$\Delta F / \Delta(100 * D/L)$

TABLA 4-4. Parámetros disponibles para Cálculo del Punto de Rotura

OFFSET YIELD:

El algoritmo de búsqueda del punto de offset yield utiliza el valor de este parámetro que le indica al algoritmo que criterio debe seguirse para considerar que la muestra alcanzó este punto.

Este parámetro se puede especificar de cualquiera de las dos maneras siguientes:

ESPECIFICACIÓN DE OFFSET	VALOR PARÁMETRO
Desplazamiento	D
Deformación	D/L

TABLA 4-5. Parámetros disponibles para Cálculo de Offset.

TIPO DE PARÁMETRO MÓDULO CUERDA:

El algoritmo de cálculo del módulo de cuerda requiere dos límites para la localización de los puntos entre los que se quiere calcular este módulo.

Este parámetro se puede especificar de cualquiera de las siete maneras siguientes:

ESPECIFICACIÓN DE CUERDA	VALOR PARÁMETRO
Carga	F
Desplazamiento	D
Estrés	F/S
Deformación	D/L
Fracción de Máxima Carga	F/F _m
Ingreso Gráfico	---

TABLA 4-6. Parámetros disponibles para Cálculo de Módulo de Cuerda

LÍMITE INFERIOR MÓDULO DE CUERDA:

Especificar en este campo el valor que el software va a utilizar como límite inferior para calcular el Módulo de Cuerda.

LÍMITE SUPERIOR MÓDULO DE CUERDA:

Especifique en este campo el valor que el software va a utilizar como límite superior para calcular el Módulo de Cuerda.

TIPO DE PARÁMETRO MÓDULO SECANTE:

El algoritmo de cálculo del módulo secante requiere un límite para la localización de los puntos entre los que se quiere calcular este módulo.

Este parámetro puede especificarse de cualquiera de las siete maneras siguientes:

ESPECIFICACIÓN DE SECANTE	VALOR PARÁMETRO
Carga	F
Desplazamiento	D
Estrés	F/S
Deformación	D/L
Fracción de Máxima Carga	F/F _m
Ingreso Gráfico	---

TABLA 4-7. Parámetros disponibles para Cálculo Módulo Secante.

LÍMITE SUPERIOR MÓDULO SECANTE:

Especificar en este campo el valor que el software va a utilizar como límite superior para calcular el Módulo de Secante.

TIPO DE PARAMETRO MÓDULO TANGENTE:

El algoritmo de cálculo del módulo tangente requiere un límite para la localización del punto de tangencia en un punto de la muestra.

Este parámetro puede se puede especificar de cualquiera de las siete maneras siguientes:

ESPECIFICACIÓN DE TANGENTE	VALOR PARÁMETRO
Carga	F
Desplazamiento	D
Estrés	F/S
Deformación	D/L
Fracción de Máxima Carga	F/Fm
Ingreso Gráfico	---

TABLA 4-8. Parámetros disponibles para Cálculo Módulo Tangente

PUNTO DE TANGENCIA MÓDULO TANGENTE:

Especificar en este campo el valor que el software va a utilizar como punto para calcular el Módulo de Secante.

TIPO DE PARÁMETRO MÓDULO DE YOUNG:

El algoritmo de cálculo del módulo de Young requiere dos límites para la localización de los puntos entre los que se presenta la zona lineal de la muestra.

Este parámetro puede se puede especificar de cualquiera de las siete maneras siguientes:

ESPECIFICACIÓN DE YOUNG	VALOR PARÁMETRO
Carga	F
Desplazamiento	D
Estrés	F/S
Deformación	D/L
Fracción de Máxima Carga	F/Fm
Ingreso Gráfico	---
Automático	---

TABLA 4-9. Parámetros disponibles para Cálculo Módulo de Young

LÍMITE INFERIOR REGIÓN LINEAL:

Especificar en este campo el valor que el software va a utilizar como límite inferior para seleccionar la región lineal.

LÍMITE SUPERIOR REGIÓN LINEAL:

Especificar en este campo el valor que el software va a utilizar como límite superior para seleccionar la región lineal.

4.2.8.- INICIAR PRUEBA

El operador, una vez que ingresó toda la información requerida para la prueba, y que el espécimen se encuentra asegurado en la posición deseada, puede iniciar el movimiento del cabezal y la adquisición de datos con este comando:



FIGURA 4-84. Comando de Inicio de Prueba

4.2.9.- DETENER PRUEBA

Es posible detener el cabezal y el muestreo de datos en cualquier momento de manera manual presionando el botón de la Figura 4-87:



FIGURA 4-85. Comando de Detener Prueba

4.2.10.- REGRESAR CABEZAL

Una vez detenido el cabezal, el operador puede regresar el cabezal a la posición original presionando el botón de Regresar presentado en la Figura 4-88:

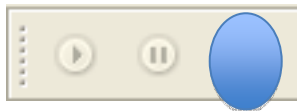


FIGURA 4-86. Comando de Detener Prueba

4.2.11.- MODO DESCONECTADO/CONECTADO

El software INSTRON1011AMTS presenta dos tipos de usos para el operador:

- Control y Adquisición de Datos
- Análisis de Reportes

Para poder acceder a estas dos funcionalidades es necesario colocar el software en modo conectado (ONLINE) que es el modo predeterminado.

En caso de que el operador solo desee revisar muestras experimentadas previamente, y no desee controlar el equipo, se debe colocar el software en modo desconectado (OFFLINE), como muestra la Figura 4-89:

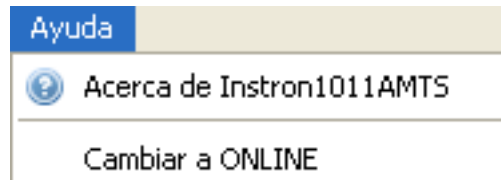


FIGURA 4-87. Cambio de modo de funcionamiento del Software

4.2.12.- GUARDAR ARCHIVO ESPÉCIMEN

En cualquier momento durante las pruebas el operador puede escoger guardar las muestras realizadas con sus respectivas configuraciones. Para esto se diseñó un archivo llamado ESPÉCIMEN, cuya extensión es .spec y su función es almacenar la configuración y los datos de cada muestra realizada.

Para guardar las pruebas realizadas se debe ejecutar la acción en el menú Archivo/Guardar o con el acceso directo provisto en la barra de herramientas.

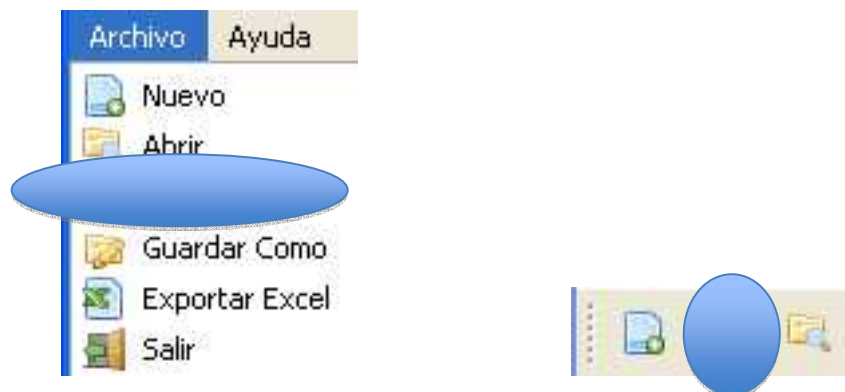


FIGURA 4-88. Ruta para Guardar un Archivo Espécimen

Una vez presionado cualquiera de estos accesos, aparecerá un diálogo donde el operador especifica el nombre del archivo y la ruta donde será guardado.

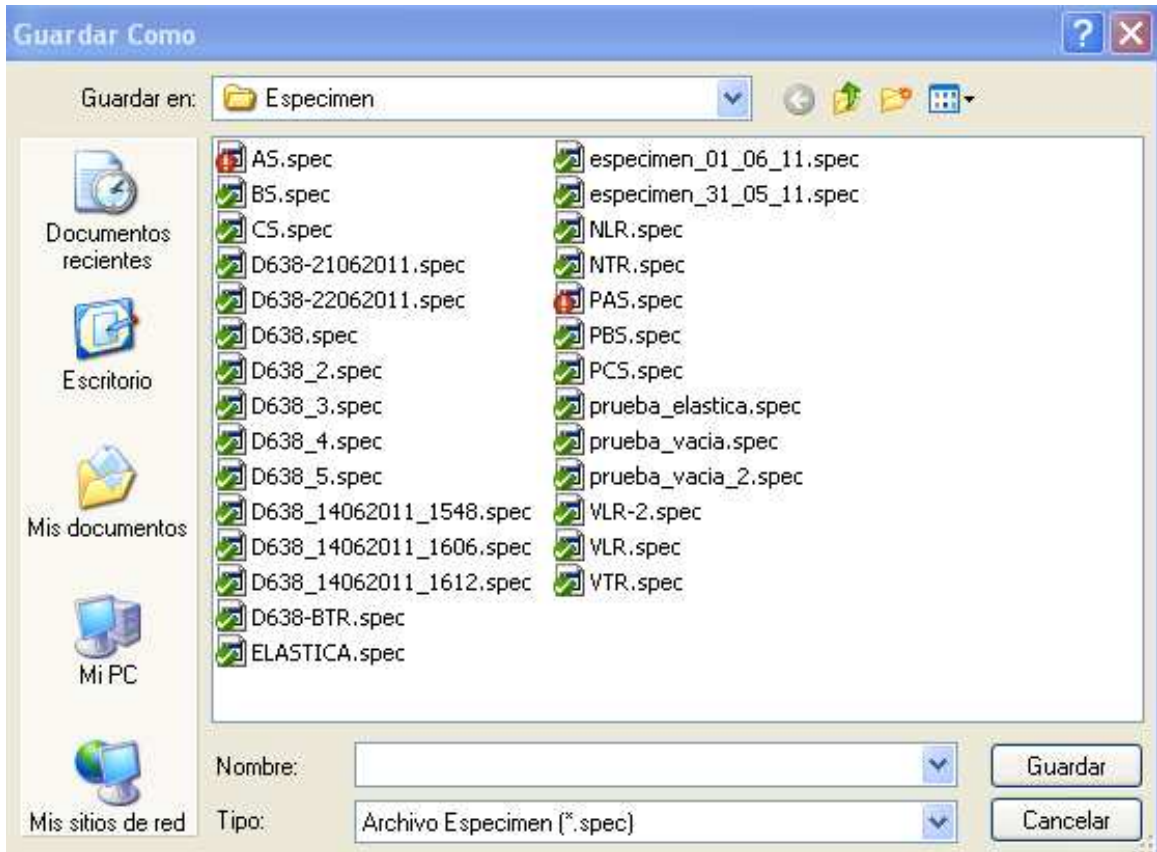


FIGURA 4-89. Diálogo Guardar Archivo Espécimen

4.2.13.- EXPORTAR A EXCEL

Es posible enviar todas la mediciones obtenidas del equipo durante una prueba hacia un archivo de MS EXCEL en cualquier momento. Para ejecutar esta opción es necesario tener al menos una muestra evaluada y presionar el menú de la Figura 4-90:



FIGURA 4-90. Ruta para Guardar un Archivo Espécimen

4.2.14.- ABRIR ARCHIVO ESPÉCIMEN

El operador puede recuperar las muestras realizadas previamente, mediante la apertura de un archivo espécimen guardado previamente.

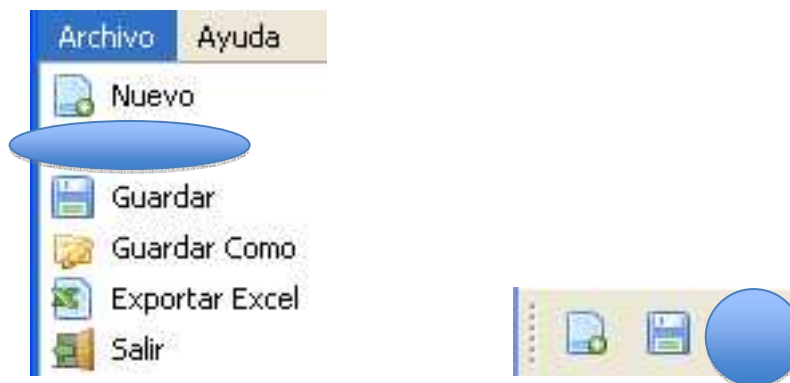


FIGURA 4-91. Ruta para Abrir un Archivo Especimen

Una vez presionado cualquiera de estos accesos, aparecerá un diálogo donde el operador especifica el nombre del archivo y la ruta del archivo que se desea recuperar.

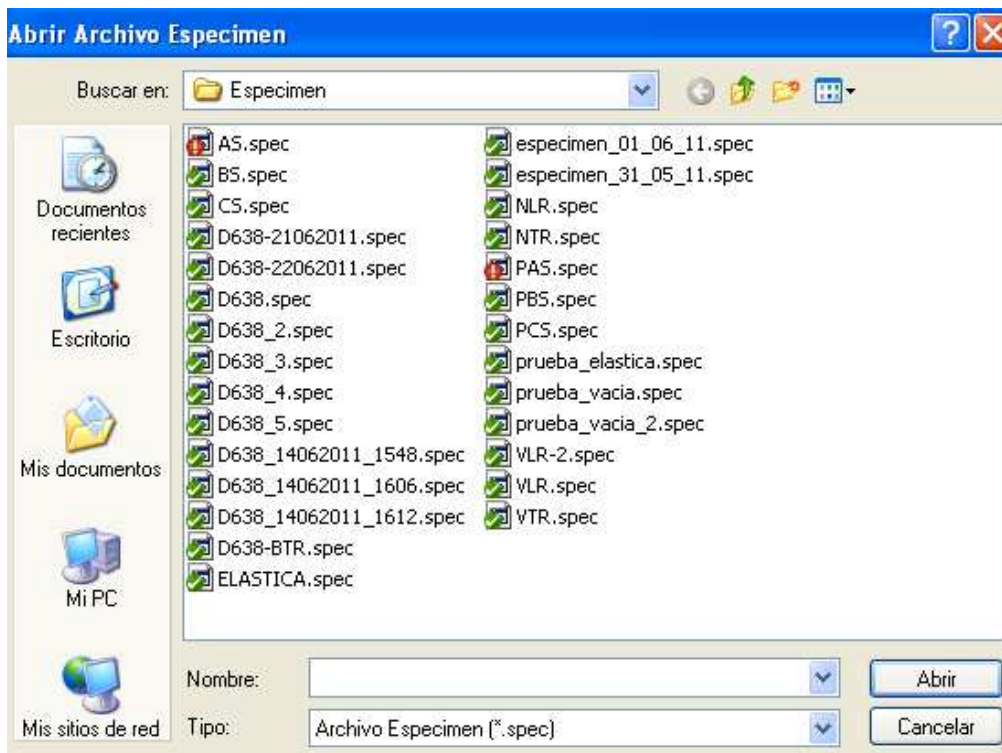


FIGURA 4-92. Diálogo Abrir Archivo Especimen

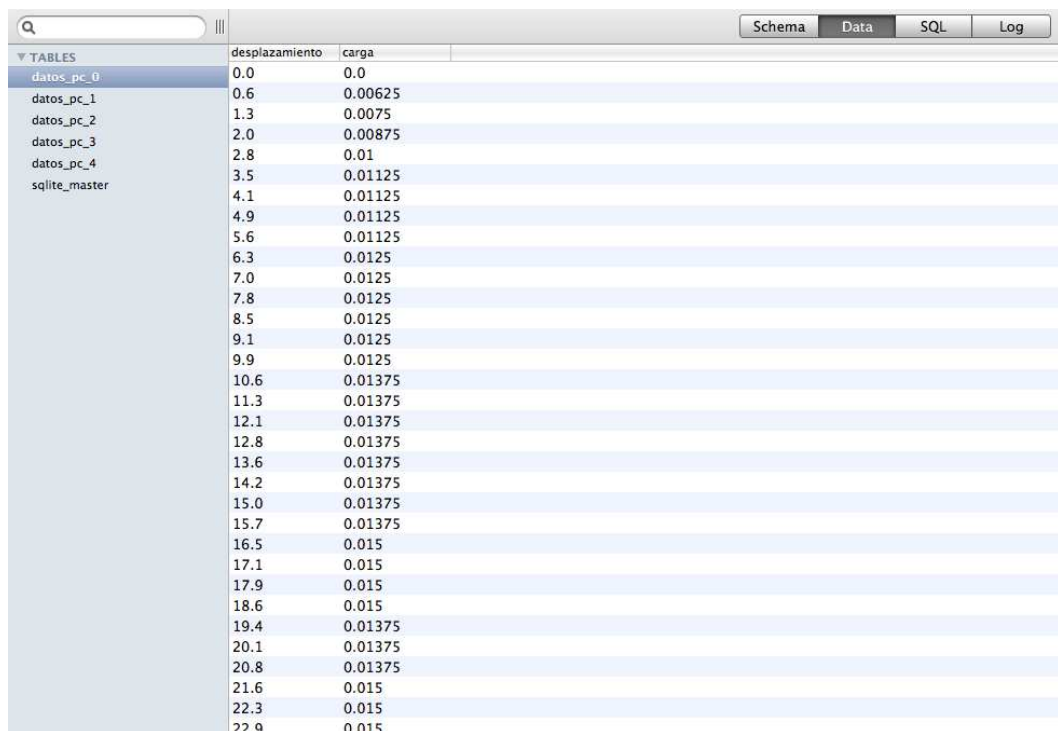
4.2.15.- ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de los datos en el computador se realiza mediante escrituras en bases de datos SQLite.

La Base de Datos de Trabajo utilizada se denomina bdbbackup_nombreArchivoEspecimen.sqlite, y es usada por el sistema para almacenar la información del experimento en proceso. Esta base de datos se limpia cada vez que arranca la aplicación.

La Base de Datos de Espécimen se usa como almacenamiento de una muestra,. Esta base de datos se genera una vez que el usuario guarde el experimento.

El proceso de recuperación de un experimento anterior causa que todo el contenido de la Base de Datos de Espécimen se copie a la memoria RAM de la máquina y tenga la información disponible para el software.



The screenshot shows a database application interface with a search bar at the top left and tabs for 'Schema', 'Data', 'SQL', and 'Log' at the top right. The 'Data' tab is active, displaying a table with two columns: 'desplazamiento' and 'carga'. The table contains 23 rows of data, with the first row highlighted in blue. The table name 'datos_pc_0' is visible in the left sidebar under the 'TABLES' section.

	desplazamiento	carga
datos_pc_0	0.0	0.0
datos_pc_1	0.6	0.00625
datos_pc_2	1.3	0.0075
datos_pc_3	2.0	0.00875
datos_pc_4	2.8	0.01
sqlite_master	3.5	0.01125
	4.1	0.01125
	4.9	0.01125
	5.6	0.01125
	6.3	0.0125
	7.0	0.0125
	7.8	0.0125
	8.5	0.0125
	9.1	0.0125
	9.9	0.0125
	10.6	0.01375
	11.3	0.01375
	12.1	0.01375
	12.8	0.01375
	13.6	0.01375
	14.2	0.01375
	15.0	0.01375
	15.7	0.01375
	16.5	0.015
	17.1	0.015
	17.9	0.015
	18.6	0.015
	19.4	0.01375
	20.1	0.01375
	20.8	0.01375
	21.6	0.015
	22.3	0.015
	22.9	0.015

FIGURA 4-93. Base de Datos de Espécimen.

El almacenamiento de los parámetros específicos de un experimento y de cada una de sus muestras se almacena en un archivo denominado .spec, que tiene la estructura xml, donde cada nodo representa el nombre del parámetro y el contenido del nodo representa el valor configurado. Este archivo se escribe cada vez que el usuario guarda el experimento.

4.2.16.- TRADUCCIÓN

El software INSTRON1011AMTS tiene la capacidad de ser traducido por el usuario en cualquier momento. Esta funcionalidad es provista por la herramienta usada para generar la interfaz gráfica.

Para traducir una aplicación Qt y PyQt, se provee de una serie de aplicativos para este fin: pyupdate4, lrelease y Qt Linguist. Estos aplicativos vienen dentro de la instalación de la aplicación en la carpeta Traducciones.

El proceso de traducción de la aplicación consta de 2 fases:

1. Traducir el archivo instron1011amts_es.ts usando la aplicación Qt Linguist.

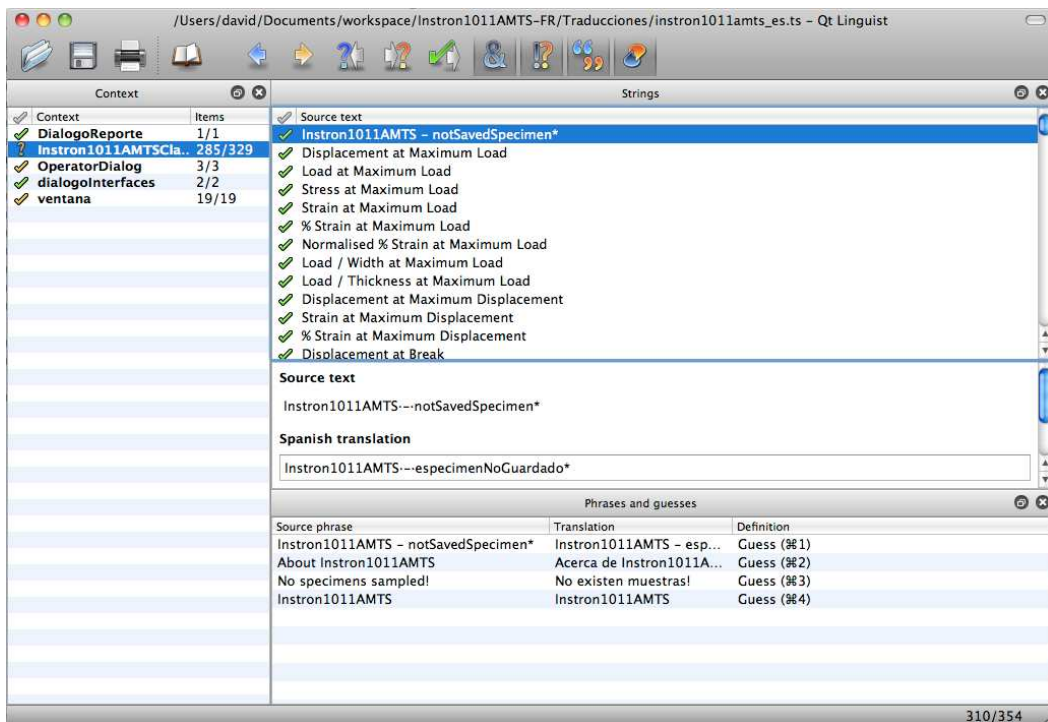


FIGURA 4-94. Traducción archivo instron1011amts usando Qt Linguist.

2. Generar el archivo binario instron1011amts_es.qm desde el Qt Linguist, una vez terminada la traducción.



FIGURA 4-95. Generación del archivo binario de traducción - 1

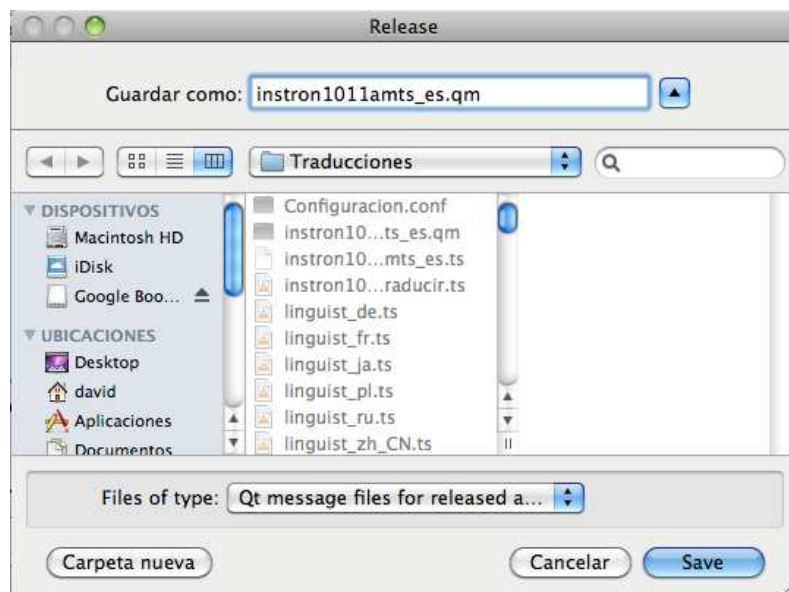


FIGURA 4-96. Generación del archivo binario de traducción - 2

4.2.17.- DOCUMENTACIÓN DE MÉTODOS Y CLASES

La documentación de todos los métodos y clases usados para construir el software INSTRON1011AMTS se construyó usando la herramienta Doxygen. Esta documentación se encuentra como formato HTML en la carpeta Documentación.

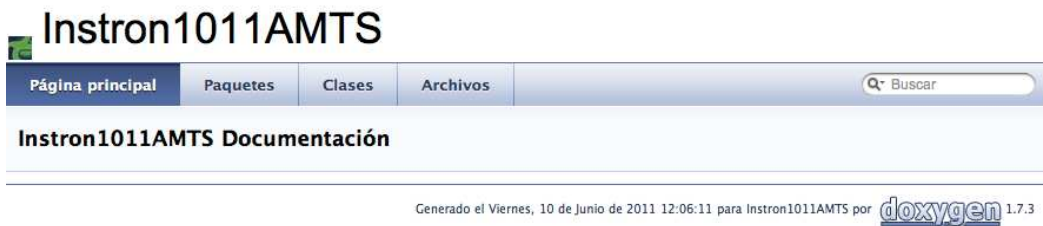


FIGURA 4-97. Pantalla inicial Documentación INSTRON1011AMTS

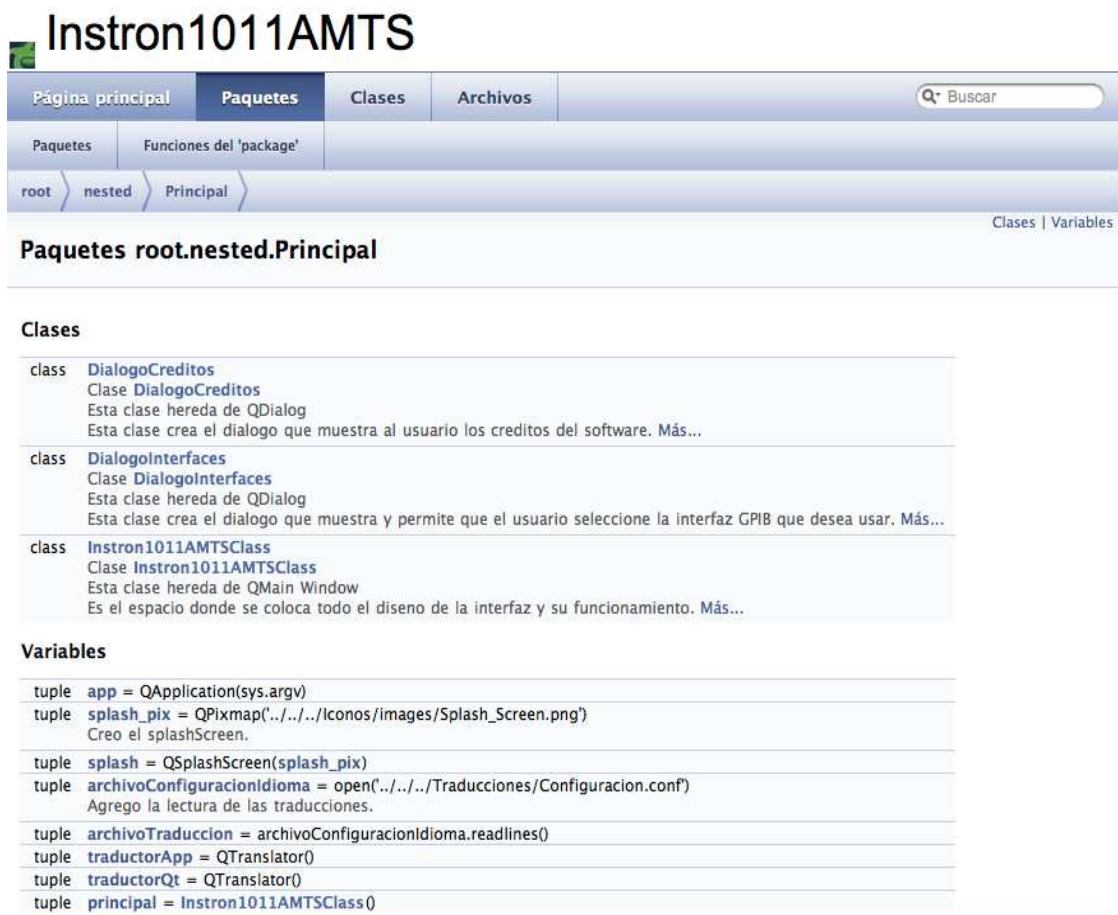


FIGURA 4-98. Captura de pantalla documentación Módulo Principal

CAPÍTULO V:

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1.- CASOS DE PRUEBA

En la ingeniería del software, los casos de Prueba son un conjunto de condiciones o variables bajo las cuales el analista determinará si el requisito de una aplicación es parcial o completamente satisfactorio.

Se pueden realizar muchos casos de prueba para determinar que un requisito es completamente satisfactorio. Con el propósito de comprobar que todos los requisitos de una aplicación son revisados, debe haber al menos un caso de prueba para cada requerimiento.

Lo que caracteriza un escrito formal de caso de prueba es que hay una *entrada conocida* y una *salida esperada*, las cuales son formuladas antes de que se ejecute la prueba. La *entrada conocida* debe probar una precondition y la *salida esperada* debe probar una postcondición.

Los casos de prueba escritos, incluyen una descripción de la funcionalidad que se probará, la cual es tomada ya sea de los requisitos o de los casos de uso, y la preparación requerida para asegurarse de que la prueba pueda ser dirigida.

5.1.1.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR TIPO DE PRUEBA

CASO DE PRUEBA CP_01_CU_01	
Id. Caso de Uso:	CU_01
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica tab Principal.
Id. Caso de Prueba:	CP_01_CU_01
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la configuración del tipo de prueba que se va a realizar.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Dar click en la opción "Tipo de Prueba".	Presenta una lista de tipos de prueba disponibles y permite la selección de uno de ellos.
Ingresar texto respectivo a la etiqueta del método.	El sistema permite el ingreso de una cadena de caracteres respectivo a la etiqueta del método.
Ingresar texto respectivo a la descripción del método.	El sistema permite el ingreso de una cadena de caracteres respectivo a la descripción del método.
Dar click en la opción "Control de Máquina".	Presenta una lista de tipos de control de máquina y permite la selección de uno de ellos.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-1. Caso De Prueba Configurar Tipo De Prueba

5.1.2.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR GEOMETRÍA

CASO DE PRUEBA CP_02_CU_02	
Id. Caso de Uso:	CU_02
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica tab Espécimen.
Id. Caso de Prueba:	CP_02_CU_02
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la configuración de la geometría del espécimen que se va a ejecutar.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Ingresar texto respectivo al tipo de espécimen.	El sistema permite el ingreso de una cadena de caracteres respectivo al tipo de espécimen.
Dar click en la opción "Geometría".	Presenta una lista de tipos de geometría disponibles y permite la selección de uno de ellos.
Ingresar valor respectivo a las dimensiones de la muestra	El sistema permite el ingreso del valor de las dimensiones respectivas al tipo de espécimen.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-2. Caso De Prueba Configurar Geometría

5.1.3.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR VELOCIDAD

CASO DE PRUEBA CP_03_CU_03	
Id. Caso de Uso:	CU_03
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica tab Prueba.
Id. Caso de Prueba:	CP_03_CU_03
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la opción de configurar la velocidad del cabezal.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Ingresar valor respectivo a la velocidad del cabezal	El sistema permite el ingreso del valor de la velocidad con la que el usuario desea que se mueva el cabezal durante la prueba.
Dar click en la opción "Cambio Velocidad".	Presenta una lista de opciones disponibles para especificar el cambio o no de la velocidad del cabezal.
Ingresar valor respectivo al parámetro de cambio de velocidad.	El sistema permite el ingreso del valor del parámetro de cambio de velocidad.
Ingresar valor respectivo a la segunda velocidad de la prueba.	El sistema permite el ingreso del valor de la segunda velocidad.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-3. Caso De Prueba Configurar Velocidad

5.1.4.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR FIN DE EXPERIMENTO

CASO DE PRUEBA CP_04_CU_04	
Id. Caso de Uso:	CU_04
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica tab Prueba.
Id. Caso de Prueba:	CP_04_CU_04
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la configuración de los criterios de fin de experimento.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Dar click en la opción "Tipo de Detección".	Presenta una lista de opciones disponibles para especificar el tipo de detección del fin del experimento.
Ingresar valor respectivo al retardo de tiempo para detección.	El sistema permite el ingreso del valor del tiempo después del cual el algoritmo iniciara la búsqueda del fin del experimento.
Ingresar valor respectivo al nivel de carga.	El sistema permite el ingreso del valor del nivel de carga que se usará en el algoritmo de detección de fin de experimento.
Ingresar valor respectivo a la máxima carga.	El sistema permite el ingreso del valor de la máxima carga que se usará en el algoritmo de detección de fin de experimento.
Ingresar valor respectivo a la máximo desplazamiento.	El sistema permite el ingreso del valor del desplazamiento que se usará en el algoritmo de detección de fin de experimento.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-4. Caso De Prueba Configurar Fin de Experimento.

5.1.5.- CASO DE PRUEBA DETENER EXPERIMENTO

CASO DE PRUEBA CP_05_CU_05	
Id. Caso de Uso:	CU_05
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica tab Prueba.
Id. Caso de Prueba:	CP_05_CU_05
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la opción detener experimento.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Dar click en la opción "Acción".	Presenta una lista de opciones disponibles para especificar la acción del cabezal al detectar el fin del experimento.
Dar click en la opción "Detener cabezal durante prueba".	Presenta una lista de opciones disponibles para habilitar o deshabilitar la función de detener cabezal durante la prueba.
Dar click en la opción "Tipo de Variable a Medir".	Presenta una lista de tipos de variables que se pueden usar para especificar el punto en el cual se va a detener el cabezal el tiempo especificado.
Ingresar valor respectivo a la duración de la pausa.	El sistema permite el ingreso del valor del tiempo durante el cual el cabezal se mantendrá detenido durante la prueba.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-5. Caso De Prueba Detener Experimento

5.1.6.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR TASA DE MUESTREO

CASO DE PRUEBA CP_06_CU_06	
Id. Caso de Uso:	CU_06
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica tab Datos.
Id. Caso de Prueba:	CP_06_CU_06
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la opción especificar Tasa de Muestreo.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Ingresar valor respectivo a la tasa de muestreo	El sistema permite el ingreso del valor de la tasa de muestreo con la que se adquirirán los datos desde el equipo.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-6. Caso De Prueba Configurar Tasa de Muestreo

5.1.7.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR REPORTES

CASO DE PRUEBA CP_07_CU_07	
Id. Caso de Uso:	CU_07
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica tab Reportes.
Id. Caso de Prueba:	CP_07_CU_07
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la configuración y visualización de los reportes de la prueba realizada.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Ingresar el texto correspondiente a la cabecera del reporte	El sistema permite el ingreso de una cadena de caracteres respectivo a la cabecera del reporte.
Ingresar valor respectivo a la temperatura de la muestra.	El sistema permite el ingreso del valor de la temperatura a la que se encuentra la muestra.
Ingresar valor respectivo a la humedad de la muestra.	El sistema permite el ingreso del valor de la humedad a la que se encuentra la muestra.
Dar click en la opción "Análisis Estadístico".	Presenta una lista de opciones disponibles para habilitar o deshabilitar los cálculos estadísticos sobre las mediciones obtenidas.
Dar click en la opción "Mostrar Reporte".	El sistema presenta una pantalla con el formato del reporte y las configuraciones realizadas previamente.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-7. Caso De Prueba Configurar Reportes

5.1.8.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR GRÁFICOS

CASO DE PRUEBA CP_08_CU_08	
Id. Caso de Uso:	CU_08
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica tab Gráficos.
Id. Caso de Prueba:	CP_08_CU_08
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento del despliegue de gráficos y marcas.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Ingresar valor respectivo al numero de gráficos que se desea por pantalla.	El sistema permite el ingreso del valor del número de curvas que se desean presentar por pantalla.
Especificar la opción de división el filas.	Presenta una lista de opciones disponibles para habilitar o deshabilitar el dibujo de las curvas superpuestas.
Especificar el dibujo de líneas de construcción.	Presenta una lista de opciones disponibles para habilitar o deshabilitar el dibujo de las marcas o líneas de construcción.
Especificar las líneas de construcción a dibujar.	El sistema provee un método de selección de marcas que se desean dibujar sobre las curvas, con su respectiva opción de habilitación.
Dar click en la opción "Mostrar Gráficos".	El sistema presenta una o mas pantallas con el numero de curvas y las marcas especificadas en la interfaz.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-8. Caso De Prueba Configurar Gráficos

5.1.9.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR CÁLCULOS

CASO DE PRUEBA CP_09_CU_09	
Id. Caso de Uso:	CU_09
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica tab Cálculos.
Id. Caso de Prueba:	CP_09_CU_09
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la selección y activación de cálculos.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Seleccionar el calculo que se desea incluir en el reporte.	El sistema presenta una estructura de árbol donde están listados todos los cálculos disponibles, al seleccionar un cálculo se muestra información extra..
Dar click en la opción "Habilitar Cálculo".	Se provee además un medio de habilitación o deshabilitación por cada cálculo, esta opción incluye el calculo deseado en la pantalla del reporte.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-9. Caso De Prueba Configurar Cálculos

5.1.10.- CASO DE PRUEBA CONFIGURAR PARÁMETROS DE CÁLCULOS

CASO DE PRUEBA CP_10_CU_10	
Id. Caso de Uso:	CU_10
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica sección Parámetros de Cálculos.
Id. Caso de Prueba:	CP_10_CU_10
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la interfaz de configuración de los parámetros con los que se van a realizar los cálculos.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Dar click en la opción "Muestra Actual".	El sistema presenta una lista de muestras realizadas previamente y permite recuperar los parámetros con los que fueron realizados los cálculos de esa muestra en específico.
Dar click en la opción "Especificación de Rotura".	Presenta una lista de opciones disponibles para especificar el parámetro de cálculo de rotura.
Ingresar valor respectivo al Parámetro de Rotura	El sistema permite el ingreso del valor del parámetro usado para detectar el punto de rotura de la muestra.
Dar click en la opción "Especificación de Offset".	Presenta una lista de opciones disponibles para especificar el parámetro de cálculo de offset.
Ingresar valor respectivo al Parámetro de Offset	El sistema permite el ingreso del valor del parámetro usado para detectar el punto de offset de la muestra.
Dar click en la opción "Especificación de Modulo Cuerda".	Presenta una lista de opciones disponibles para especificar el parámetro de cálculo de Módulo de Cuerda.
Ingresar valor correspondiente al Limite Inferior del Módulo de Cuerda	El sistema permite el ingreso del valor del parámetro 1 usado para calcular el

	Módulo de Cuerda.
Ingresar valor correspondiente al Limite Superior del Módulo de Cuerda	El sistema permite el ingreso del valor del parámetro 2 usado para calcular el Módulo de Cuerda.
Dar click en la opción "Especificación de Modulo Secante".	Presenta una lista de opciones disponibles para especificar el parámetro de cálculo de Módulo Secante.
Ingresar valor correspondiente al Limite Superior del Módulo Secante	El sistema permite el ingreso del valor del parámetro usado para calcular el Módulo Secante.
Dar click en la opción "Especificación de Modulo Tangente".	Presenta una lista de opciones disponibles para especificar el parámetro de cálculo de Módulo Tangente.
Ingresar valor correspondiente al punto de cálculo del Módulo Tangente	El sistema permite el ingreso del valor del parámetro usado para calcular el Módulo Tangente
Dar click en la opción "Especificación de Modulo Young".	Presenta una lista de opciones disponibles para especificar el parámetro de cálculo de Módulo de Young.
Ingresar valor correspondiente al Limite Inferior de la Zona Lineal.	El sistema permite el ingreso del valor del parámetro 1 usado para calcular el Módulo de Cuerda.
Ingresar valor correspondiente al Limite Superior de la Zona Lineal.	El sistema permite el ingreso del valor del parámetro 2 usado para calcular el Módulo de Cuerda.
Dar click en la opción "Excluir Muestra".	El sistema presenta la opción de incluir o no la información de la muestra seleccionada en los cálculos mostrados en la pantalla de reportes.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-10. Caso De Prueba Configurar Parámetros de Cálculos

5.1.11.- CASO DE PRUEBA EJECUTAR PRUEBA

CASO DE PRUEBA CP_11_CU_11	
Id. Caso de Uso:	CU_11
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica tab Espécimen.
Id. Caso de Prueba:	CP_11_CU_11
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la opción Ejecutar Prueba	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Dar click en la opción "Ejecutar Prueba".	El sistema presenta un diálogo donde se especifica el nombre del Operador y la ID de la muestra.
Ingresar texto respectivo al nombre del operador y la id de la muestra.	El sistema almacena la información ingresada, la valida e inicia tanto el movimiento del cabezal así como la adquisición de datos.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-11. Caso De Prueba Ejecutar Prueba

5.1.12.- CASO DE PRUEBA GUARDAR PRUEBA

CASO DE PRUEBA CP_12_CU_12	
Id. Caso de Uso:	CU_12
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica tab Espécimen.
Id. Caso de Prueba:	CP_12_CU_12
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la opción Guardar Prueba y Guardar Prueba Como.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Dar click en la opción "Guardar".	El sistema verifica si es una muestra nueva, si no lo es pregunta el nombre que le desea dar. El sistema crea el archivo *.spec y la base de datos *.sqlite respectivo.
Dar click en la opción "Guardar Como".	El sistema presenta un diálogo donde se especifica el nombre donde se va a almacenar. El sistema crea el archivo *.spec y la base de datos *.sqlite respectivo.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-12. Caso De Prueba Guardar Prueba

5.1.13.- CASO DE PRUEBA ABRIR PRUEBA

CASO DE PRUEBA CP_13_CU_13	
Id. Caso de Uso:	CU_13
Id. Escenario:	Recuperar información de una prueba guardada previamente.
Id. Caso de Prueba:	CP_13_CU_13
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la opción Abrir Prueba	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Dar click en la opción "Abrir".	El sistema muestra un diálogo con los archivos *.spec disponibles, una vez ingresado el nombre del archivo la interfaz recuperará el estado de la muestra guardada.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-13. Caso De Prueba Abrir Prueba

5.1.14.- CASO DE PRUEBA IMPRIMIR RESULTADOS

CASO DE PRUEBA CP_14_CU_14	
Id. Caso de Uso:	CU_14
Id. Escenario:	Impresión de la información generada durante las pruebas.
Id. Caso de Prueba:	CP_14_CU_14
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de las opciones de imprimir reporte y gráficos.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Dar click en la opción "Mostrar Reporte".	El sistema presenta una pantalla con el formato del reporte y las configuraciones realizadas previamente.
Dar click en la opción "Imprimir" dentro del diálogo de Reporte.	El sistema colocará un nuevo elemento en la cola de impresión de la impresora instalada correspondiente a la pantalla de reportes, en caso de no tener ninguna le mostrará en pantalla el error respectivo.
Dar click en la opción "Mostrar Gráficos".	El sistema presenta una o mas pantallas con el numero de curvas y las marcas especificadas en la interfaz.
Dar click en la opción "Imprimir" dentro del diálogo de Reporte.	El sistema colocará un nuevo elemento en la cola de impresión de la impresora instalada correspondiente a la pantalla de gráficos seleccionada, en caso de no tener ninguna le mostrará en pantalla el error respectivo.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-14. Caso De Prueba Imprimir Resultados

5.1.15.- CASO DE PRUEBA EXPORTAR RESULTADOS

CASO DE PRUEBA CP_15_CU_15	
Id. Caso de Uso:	CU_15
Id. Escenario:	Ingreso de datos en la interfaz gráfica tab Espécimen.
Id. Caso de Prueba:	CP_15_CU_15
Objetivos de la Prueba: Comprobar el correcto funcionamiento de la exportación de datos crudos, reportes y gráficos.	
Pasos a Ejecutar	
Entradas del Usuario	Resultados esperados
Dar click en la opción "Exportar Excel".	El sistema muestra un diálogo en el cual el usuario debe colocar un nombre y una ruta del archivo MS Excel que desea generar.
Dar click en la opción "Mostrar Reporte".	El sistema presenta una pantalla con el formato del reporte y las configuraciones realizadas previamente.
Dar click en la opción "Exportar PDF".	El sistema muestra un diálogo en el cual el usuario debe colocar el nombre y la ruta del archivo PDF que se desea generar.
Dar click en la opción "Mostrar Gráficos".	El sistema presenta una o mas pantallas con el numero de curvas y las marcas especificadas en la interfaz.
Dar click en la opción "Guardar" dentro de la pantalla del gráfico que se desea exportar.	El sistema muestra un diálogo en el cual el usuario debe colocar el nombre, la ruta del archivo que se desea exportar.
Especificar el formato con el que desea exportar los gráficos.	El sistema muestra un diálogo en donde el usuario especifica el formato en el que desea exportar el gráfico.
Ejecución	
Fecha	Resultados Obtenidos
06/06/2011	Los resultados obtenidos fueron iguales a los esperados.
Estado del Caso de Prueba: Superado	

TABLA 5-15. Caso De Prueba Exportar Resultados

5.2.- VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para poder asegurar que los resultados de los cálculos obtenidos con el nuevo software son equivalentes a los que genera el software anterior, es necesario realizar un estudio comparativo de los resultados obtenidos desde las dos fuentes, por un lado el software de control original y el creado en este proyecto.

El estudio que se escogió para validar los resultados generados es conocido como Método T, el cual se describirá a continuación.

5.2.1.- MÉTODO T

Este método fue descrito por William Sealy Gosset en 1908, y su objetivo es comparar dos métodos de ensayo diferentes y determinar si no hay diferencia significativa. Este método es muy usado cuando se comparan los resultados de dos diferentes laboratorios o los resultados obtenidos por dos diferentes métodos.

La aprobación o no de la prueba está basada en que la diferencia de las medias (Δ), de los dos valores no exceda su incertidumbre estadística, U. El método usado para el cálculo de la incertidumbre depende de dos hipótesis:

- No hay razón para creer que las desviaciones estándar difieren, es decir, se utilizaron las mismas condiciones experimentales, el mismo operador, el mismo método, etc.
- Existen razones para creer que las desviaciones estándar difieren, por ejemplo, se tuvieron condiciones experimentales diferentes, diferentes laboratorios, etc.

Para las actuales pruebas se asumirá la primera hipótesis, ya que en el caso de este proyecto se utilizó el mismo equipo, muestras del mismo lote y el mismo operador para obtener los resultados. El procedimiento a seguir en este caso es el siguiente:

1. Calcular las medias experimentales de los dos métodos: \overline{X}_A y \overline{X}_B
2. Calcular las desviaciones estándar de los dos métodos: S_A y S_B
3. Calcular la desviación estándar combinada:

$$S_d = \sqrt{\frac{(n_A - 1) * S_A^2 + (n_B - 1) * S_B^2}{n_A + n_B - 2}}$$

ECUACIÓN 5-1. Definición de la desviación estándar combinada.

4. Calcular la incertidumbre, U:

$$U = T * S_d * \sqrt{\frac{(n_A + n_B)}{(n_A * n_B)}}$$

ECUACIÓN 5-2. Definición de la incertidumbre U.

donde, T es el valor descrito en una tabla donde experimentalmente se especifican los valores de esta variable para garantizar un porcentaje de certeza, el utilizado para este proyecto es el 95%.

GRADOS LIBERTAD (DF)	VALOR T (95%)
1	12.706
2	4.303
3	3.182
4	2.776
5	2.571
6	2.447
7	2.365
8	2.306
9	2.262
10	2.228

TABLA 5-16. Tabla de valores T para certidumbre del 95%

En esta tabla se definen los grados de libertad como: $DF = n_1 + n_2 - 2$.

5. Comparar $\Delta = |\overline{X}_1 - \overline{X}_2|$ con U. Si $\Delta \leq U$, decimos que los resultados no presentan una diferencia significativa.

Una vez realizada la comparación de los resultados obtenidos con el software original y con el software desarrollado en este proyecto, se puede asegurar que la diferencia de las medias (Δ) es menor al valor de la incertidumbre calculada para cada uno de los cálculos implementados, es decir no presentan una diferencia significativa.

CAPÍTULO VI:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- CONCLUSIONES

- Con el presente proyecto se cumplió de manera satisfactoria el objetivo de actualizar la interfaz de comunicación que utilizaba la Máquina de Prueba de Materiales INSTRON SERIES X AUTOMATED MATERIAL TESTING SYSTEM, así como el desarrollo de una nueva interfaz gráfica de usuario que trabaja en el ambiente gráfico Windows.
- El desarrollo de la nueva interfaz gráfica del HMI que controla la máquina de prueba de materiales en ambiente Windows permitió que el flujo del proceso de pruebas sea más eficiente, permitiendo al operador guardar las muestras y editar sus parámetros de manera mas intuitiva.
- La nueva interfaz de comunicación GPIB-USB-HS de National Instruments permitió que no sea necesario tener una interfaz GPIB instalada en el computador cliente, sino que cualquier computador con una interfaz USB es capaz de comunicarse y controlar el instrumento a través del software INSTRON1011AMTS, desarrollado en este proyecto.
- El proyecto provee toda la documentación necesaria para que se continúe su desarrollo, así como parte de los entregables del proyecto son los diagramas y documentación de clases y todos los componentes usados son distribuidos mediante la licencias GNU GPL, lo que permite el uso y modificación de los componentes utilizados, tanto los desarrollados en este proyecto como los de fábrica (Python y Qt).

- El rediseño de la plataforma tecnológica usada para almacenar los datos (SQLite) mejoró sustancialmente el rendimiento, además de proveer una plataforma de estándares abiertos, a diferencia del sistema anterior (LabVantage) que es un sistema propietario y necesita de personal especializado en este tipo de plataformas para dar su mantenimiento y configuración.
- El sistema fue aprobado y aceptado de manera satisfactoria por el Centro de Investigaciones Aplicadas a Polímeros, y manifiestan que las nuevas funcionalidades agregadas al funcionamiento de la interfaz permite a cualquier usuario que no tenga mucha experiencia en computación, entender y adaptarse al uso de la herramienta para realizar sus pruebas sobre la máquina de prueba de materiales.

6.2.- RECOMENDACIONES

- El principal problema encontrado fue la adquisición de datos desde el instrumento hacia el computador, ya que se dispone de un solo canal para obtener la información, los nuevos sistemas de prueba de materiales trabajan usando procesadores digitales de señal en varios canales con lo que se pueden registrar varias variables en el mismo tiempo de muestreo, así como el uso de conversores digital/análogos de mayor velocidad, ya que la mayoría de cálculos dependen mucho del número de muestras tomadas, sobre todo los cálculos donde se involucran las aproximaciones por mínimos cuadrados.
- La interfaz gráfica presenta ayudas en pantalla y diálogos a lo largo de su uso normal, pero en caso de cualquier duda se recomienda acudir al Manual de Usuario del Sistema para obtener una explicación más detallada.
- Se recomienda al usuario verificar en todo momento las condiciones y requerimientos de trabajo de la interfaz GPIB y el computador, sobre todo en asegurar que el computador y el instrumento compartan el mismo nivel de

tierra, ya que esta tarjeta es muy susceptible a daños por esta causa, como lo explica el Manual de Instalación de National Instruments.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

http://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion_5_IT/GPIB1_04.pdf

<http://www.uhu.es/diego.lopez/ICI/GPIB.pdf>

http://es.wikipedia.org/wiki/Caso_de_prueba

BLANCHETTE, Jasmin; SUMMERFIELD, Mark; C++ GUI Programming with Qt4. Prentice Hall. 2006.

GAMMA, Erich; HELM, Richard; JOHNSON, Ralph; VLISSIDES, John; Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Addison-Wesley. 1995.

SKIENA, Steven; The Algorithm Design Manual. Springer-Verlag. 2008.

ASHBY, Michael; JONES David; Engineering Materials 1 – An Introduction to their Properties and Applications. Butterworth-Heinemann. 2002.

TAYLOR, John; Quality Assurance of Chemical Measurements. Lewis. 1987.

BRITO, Kareny; Selección de Metodologías de Desarrollo de Software. Universidad Cienfuegos. 2009.

NATIONAL INSTRUMENTS; GPIB Hardware Guide. National Instruments Corporation. 2008.

NATIONAL INSTRUMENTS; NI-488.2 API Quick Reference Card. National Instruments Corporation 2008.

NATIONAL INSTRUMENTS; NI-488.2 User Manual. National Instruments Corporation 2008.

INSTRON CORPORATION; Instron Series IX Automated Materials Testing System Version 5 Reference Guide. Instron Corporation 1990.

INSTRON CORPORATION; Instron Model 1011 Computer Interface Programmers Guide. Instron Corporation 1991.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS; D 638 - 00 Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics. ASTM 2000.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS; D 790 - 03 Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulated Materials. ASTM 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS; D 882 - 00 Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. ASTM 2000.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS; D 1004 - 03
Standard Test Method for Tear Resistance (Graves Tear) of Plastic Film and
Sheeting. ASTM 2003.

ANEXOS

A.- MANUAL DE INSTALACIÓN

A.1.- INSTALACIÓN DRIVERS NATIONAL INSTRUMENTS


La descarga de los drivers en el computador se debe realizar a través del sitio web de National Instruments, para acceder al sitio de descargas es necesario crear una cuenta.

La página de descarga se encuentra en la sección de soporte de la página web: <http://www.ni.com/drivers/esa/>

The screenshot shows the National Instruments website interface. At the top left is the NI logo. To the right, it says 'Ayuda' and 'Hola DAVID VILLACIS (Usuario equivocado.)'. Below this is a navigation menu with items: MyNI, Comuníquese con NI, Productos y Servicios, Soluciones, Soporte, NI Developer Zone, Académico, Eventos, Empresa. A location dropdown menu shows 'Ecuador'. The main content area is titled 'Controladores y Actualizaciones'. It features a search box with the text 'Buscar y Descargar Controladores y Actualizaciones' and a description: 'Los Controladores y Actualizaciones es un recurso completo para encontrar controladores y actualizaciones para todos sus productos. Proporcione su número de serie para ver controladores y actualizaciones específicas de su producto. Para su comodidad, los números de serie serán agregados a su lista de productos registrados. También puede buscar por producto o palabra clave.' Below the search box is a language selector for 'Páginas en:' with radio buttons for 'Inglés / Español' (selected) and 'Español'. There are also 'Consejos para Búsqueda' and a 'Buscar' button. On the left side, there is a 'Mostrar todos' button and a list of product categories with counts: Software (727), Adquisición de Datos (304), Instrumentos Modulares (245), Real-Time (50), Acondicionamiento de Señales (94), Conmutadores (118), E/S Distribuidas (60), Visión Artificial (64), Control de Movimiento (29), PXI/CompactPCI (284), Conectividad a Instrumentos (241), Comunicaciones Industriales (121), Sonido y Vibración (68), VXI/VME (73), and Productos Académicos (85). Below this is a 'Tipo de Descarga' section with counts: Otro (132), Complemento/Juego de Herramientas (96). On the right side, there is a section for 'Controladores y Actualizaciones Más Populares' with two columns: 'Controlador de Hardware' (NI DAQmx, NI VISA, NI 488.2, Controladores de Dispositivos de NI, NI-Serial) and 'Software' (LabVIEW Run-Time Engine, Sistema de Desarrollo de LabVIEW, Software NI Vision Acquisition, DIAdem, NI TestStand). At the bottom, there is a 'Categorías de Controlador' section with three columns: Software, Conmutadores, and Conectividad a Instrumentos.

FIGURA A-1-1. Página Principal de descarga de controladores NI

El software utiliza dos controladores para su correcto funcionamiento: NI-VISA y NI-488.2, por lo que se procede a buscar estos nombres en el campo correspondiente:

Resultados de Búsqueda 

NI-VISA | Controladores y Actualizaciones ▾ **Buscar** [Consejos para Búsqueda](#)

Páginas en: Inglés / Español Español

Ver como Lista **Ver como Tabla**

Producto 1-10 de 392 Mostrar 10 20 30 resultados por página 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Siguiente ▶

Producto	Edición	Sistema Operativo	Release Date	Descargar Idioma
NI-VISA	5.0.3	Pocket PC 2003, SO Real-Time, Windows 7 64 bit/7 x86/Mobile 5/XP Embedded/Server 2008 R2 (64-bit)/Vista x64/Vista x86/XP/Server 2003 R2 (32-bit)	2010 diciembre	Japonés, Inglés
NI-VISA Run-Time Engine	5.0	Mac OS X	2010 agosto	Inglés
NI-VISA	5.0	Linux, SUSE, RedHat	2010 agosto	Inglés
NI-VISA	5.0.1	Pocket PC 2003, SO Real-Time, Windows 7 64 bit/7 x86/Mobile 5/XP Embedded/Server 2008/Server 2008 R2 (64-bit)/Vista x64/Vista x86/XP/Server 2003 R2 (32-bit)	2010 agosto	Japonés, Inglés
NI-VISA	5.0	Mac OS X	2010 agosto	Inglés

FIGURA A-1-2. Página de descarga de controladores NI-VISA

Resultados de Búsqueda

488.2 Controladores y Actualizaciones [Consejos para Búsqueda](#)

Páginas en: Inglés / Español Español

Ver como Lista **Ver como Tabla**

Producto 1-10 de 102 Mostrar 10 20 30 resultados por página 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 [Siguiente](#)

Producto	Edición	Sistema Operativo	Release Date	Descargar Idioma
NI-488.2	2.8.1	Windows 7 64 bit/7 x86/Server 2003 R2 (32-bit)/XP/Vista x64/Vista x86/Server 2008 R2 (64-bit)	2011 enero	Chino (Simplificado), Coreano, Japonés, Inglés
NI-488.2	2.8	Windows 7 64 bit/7 x86/Server 2003 R2 (32-bit)/XP x86/Vista x64/Vista x86/Server 2008 R2 (64-bit)	2010 agosto	Inglés, Coreano, Japonés, Chino (Simplificado)
NI-488.2	2.0	SO Real-Time	2002 julio	Inglés
NI-488.2 - - Update	2.2	Sun Solaris	2001 mayo	Inglés
NI-488.2	2.1	Windows 2000/98/XP/ME/98 Japonés	2003 mayo	Japonés, Inglés
NI-488.2	1.0	Windows	2000 junio	Inglés

FIGURA A-1-3. Página de descarga de controladores NI-488.2

Una vez identificada la versión y la plataforma en la que deseamos instalar el driver, procedemos con su descarga:

NI-VISA 5.0.3 - Pocket PC 2003, SO Real-Time, Windows 7 64 bit/7 x86/Mobile 5/XP Embedded/Server 2008 R2 (64-bit)/Vista x64/Vista x86/XP/Server 2003 R2 (32-bit)

 [RSS](#) |  [Imprimir](#)

222 Calificaciones | 3,82 fuera de 5

Descargas Disponibles:

Opciones de Descarga:

1. **NI Downloader:** [visa503full_downloader.exe](#) (478 MB)
Recomendado por NI

NI recomienda el **NI Downloader** para Windows. El **NI Downloader**:

- brinda una experiencia más estable para descargar archivos
- reanuda la descarga automáticamente si fue interrumpida involuntariamente
- se ejecuta temporalmente en su PC por la duración de la descarga
- tiene la función de "pausa y reanudar"

2. **Descarga Estándar:** [visa503full.exe](#) (478 MB). La **Descarga Estándar**:

- descarga directamente a su PC
- puede ser más estable para descarga archivos si la descarga llegará a ser interrumpirse involuntariamente por falta de conectividad
- no ofrece la función de "pausa y reanudar"

FIGURA A-1-4. Página de descarga del controlador NI-VISA para Windows

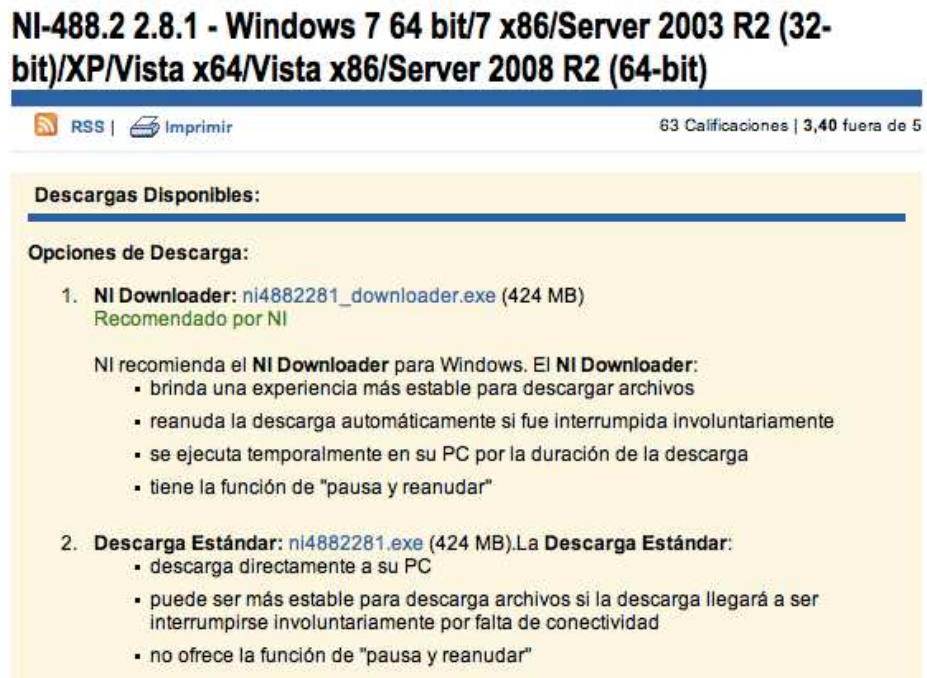


FIGURA A-1-5. Página de descarga del controlador NI-488.2 para Windows

Una vez completada la descarga, arrancamos el instalador que colocará las librerías en la carpeta de National Instruments:



FIGURA A-1-6. Instaladores descargados de la página web NI

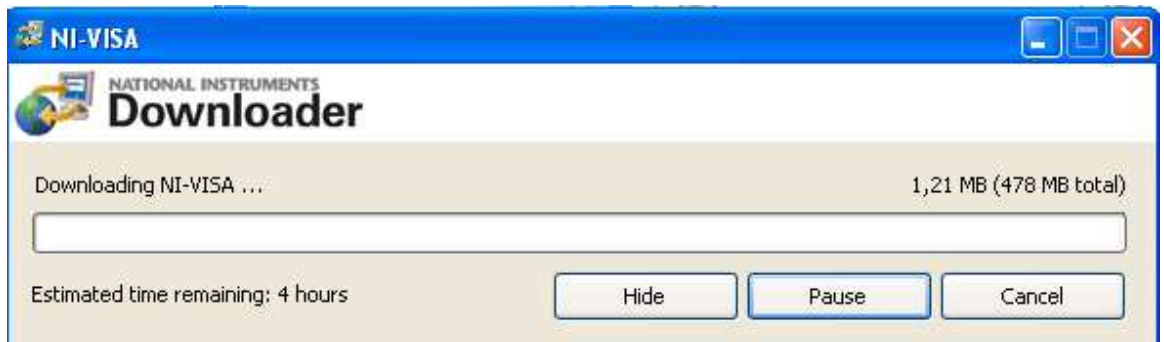


FIGURA A-1-7. Instalación NI-VISA

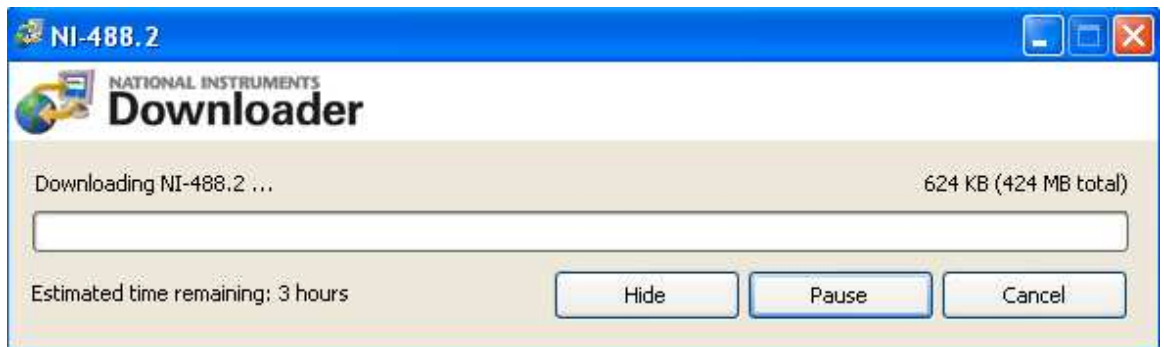


FIGURA A-1-8. Instalación NI-488.2

A.2.- INSTALACIÓN SOFTWARE INSTRON1011AMTS

Como parte de los entregables, está el archivo instalador del software. Este archivo se llama INSTRON1011AMTSInstallerV1.0.

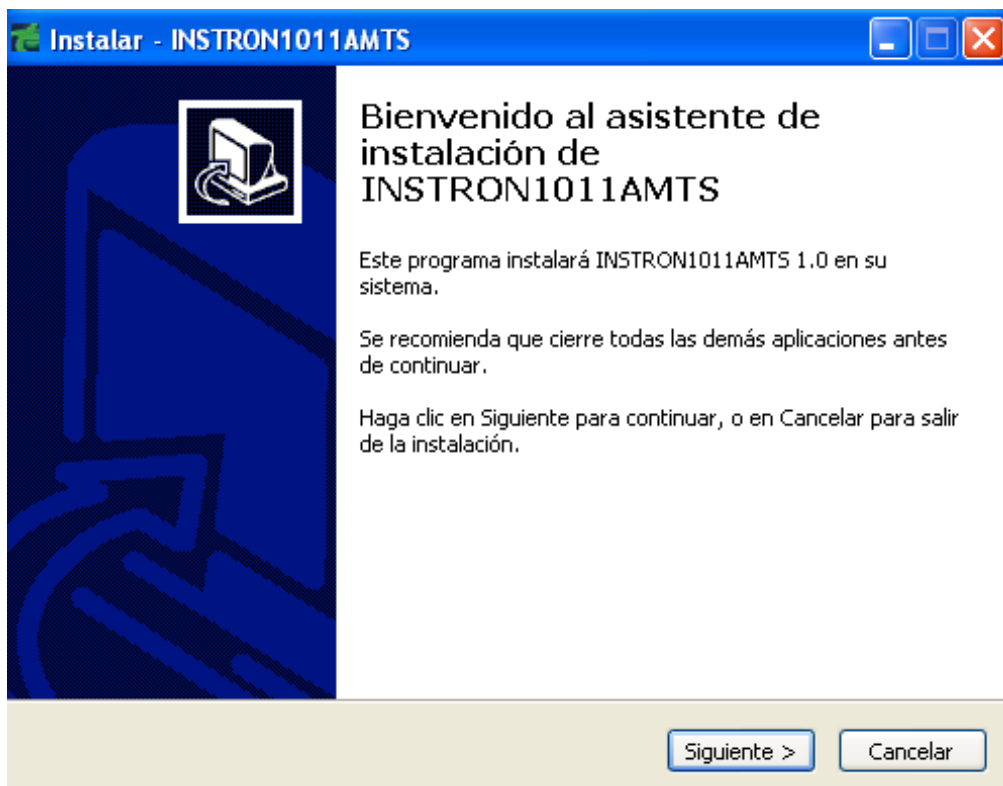


FIGURA A-2-1. Pantalla Inicial Instalador INSTRON1011AMTS

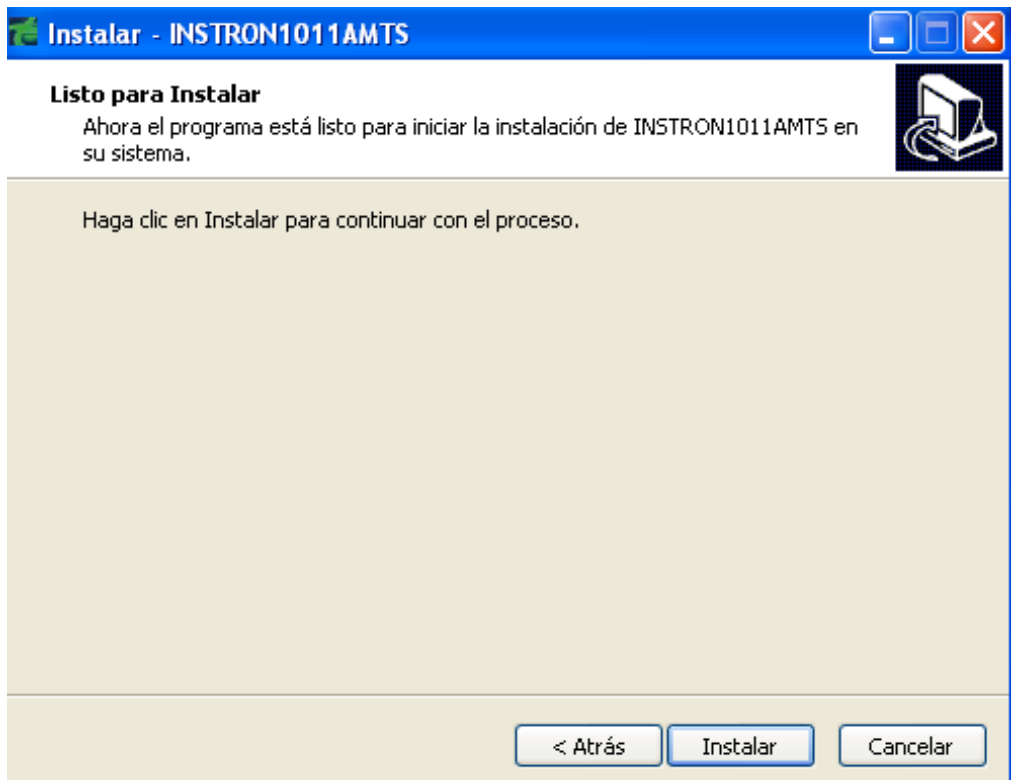


FIGURA A-2-2. Inicio de instalación INSTRON1011AMTS

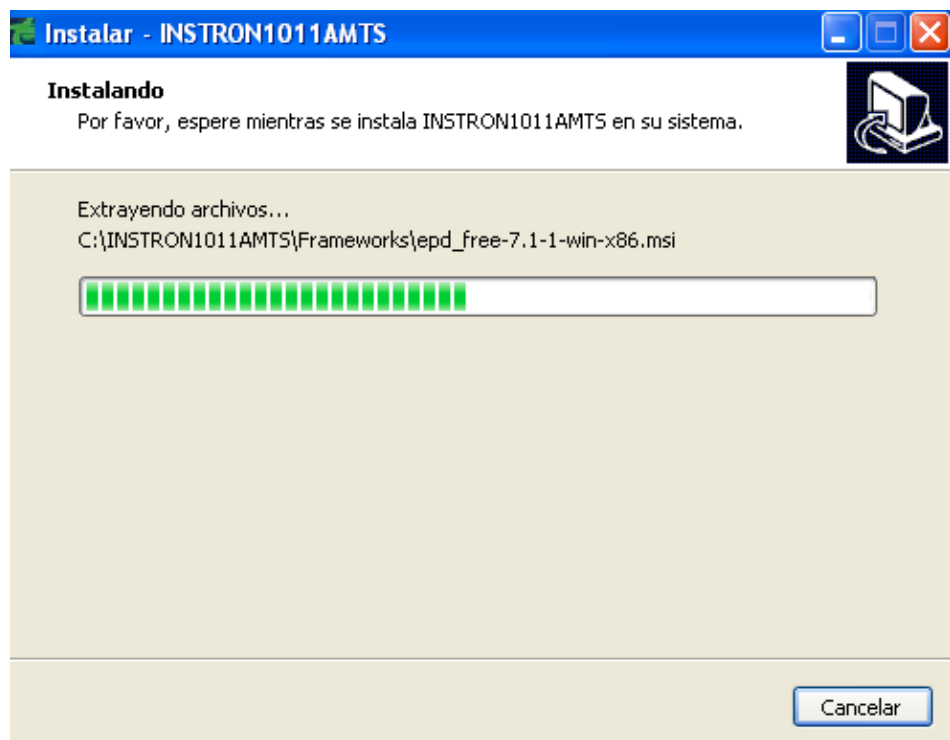


FIGURA A-2-3. Proceso de instalación INSTRON1011AMTS

Una vez terminada esta fase de la instalación se arrancará automáticamente el instalador de Python:

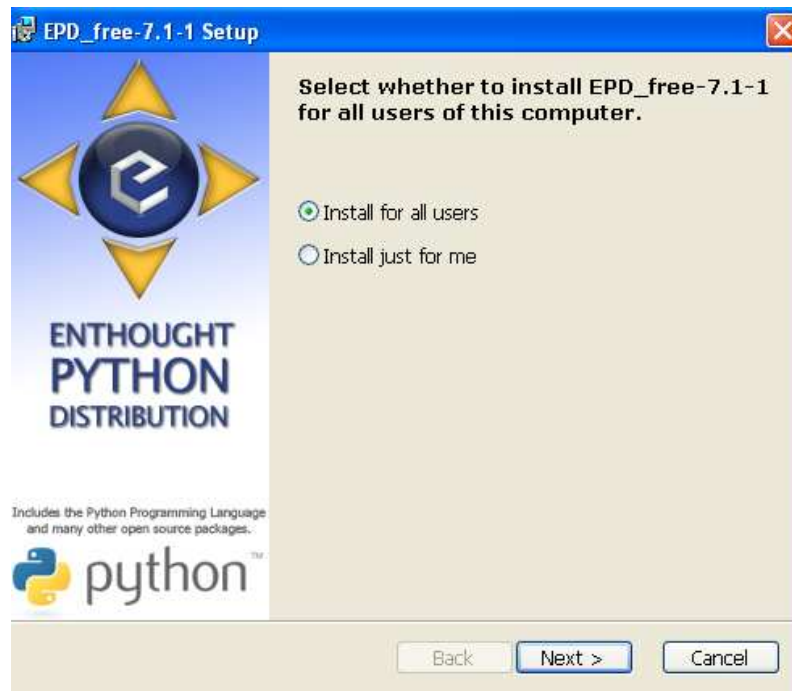


FIGURA A-2-4. Inicio de Instalación de Python

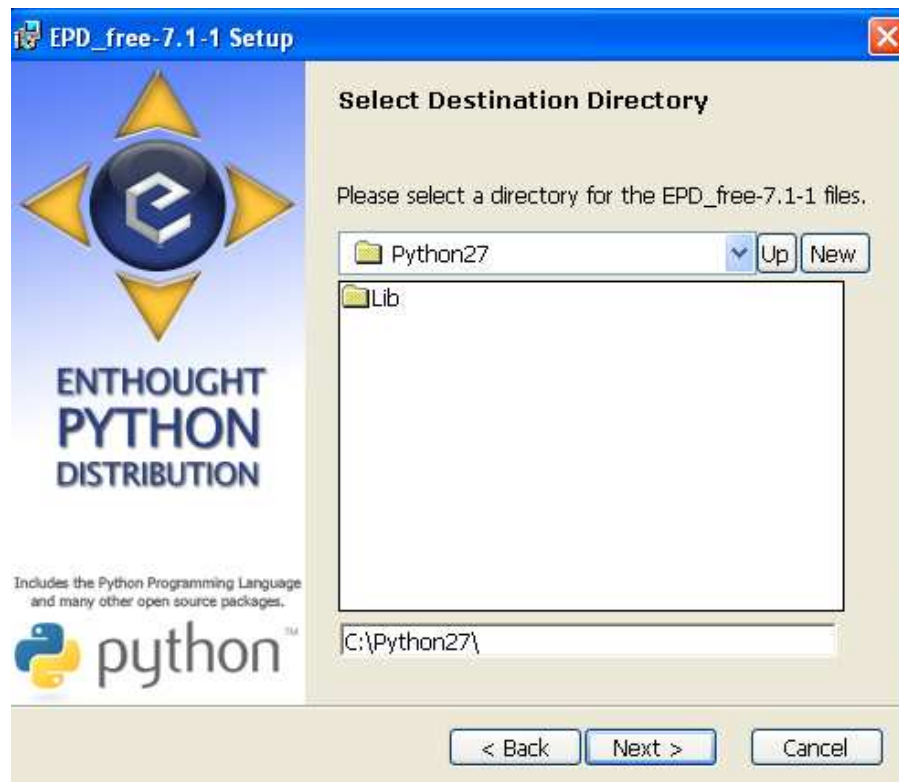


FIGURA A-2-5. Directorio de Instalación de Python



FIGURA A-2-6. Accesos directos para Python

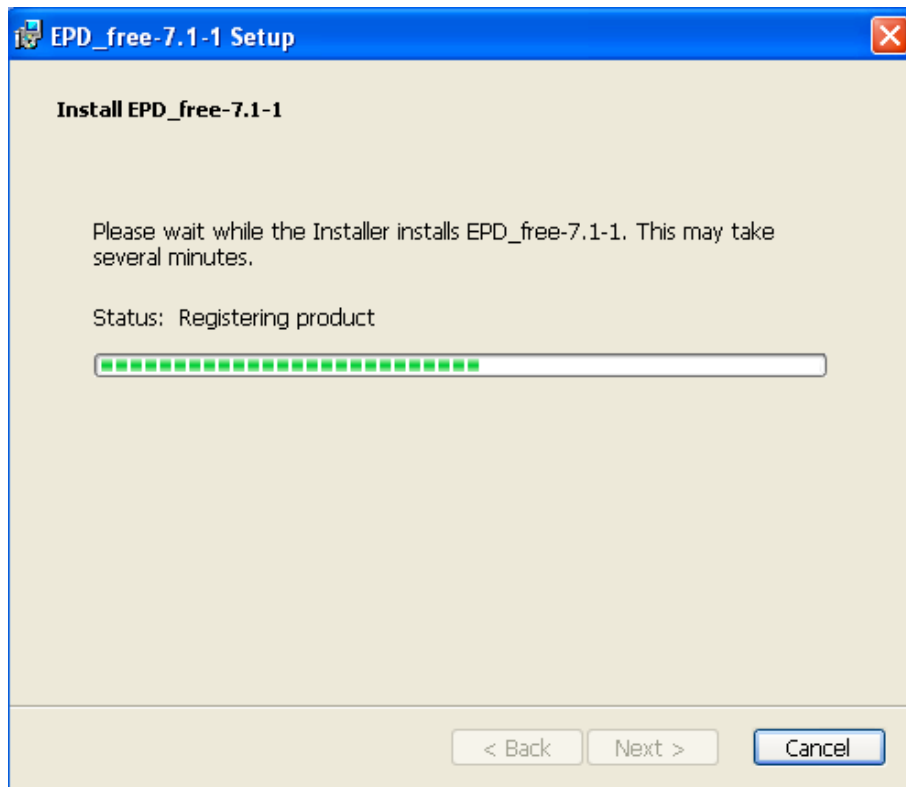


FIGURA A-2-7. Copiando directorios de Python a la máquina local



FIGURA A-2-8. Finalizada la instalación de Python

A continuación el instalador procederá a la instalación del módulo de gráficos PyQt:



FIGURA A-2-9. Inicio de Instalación de PyQt

Se escoge los componentes que se desea instalar. Por defecto se seleccionan todas las opciones:

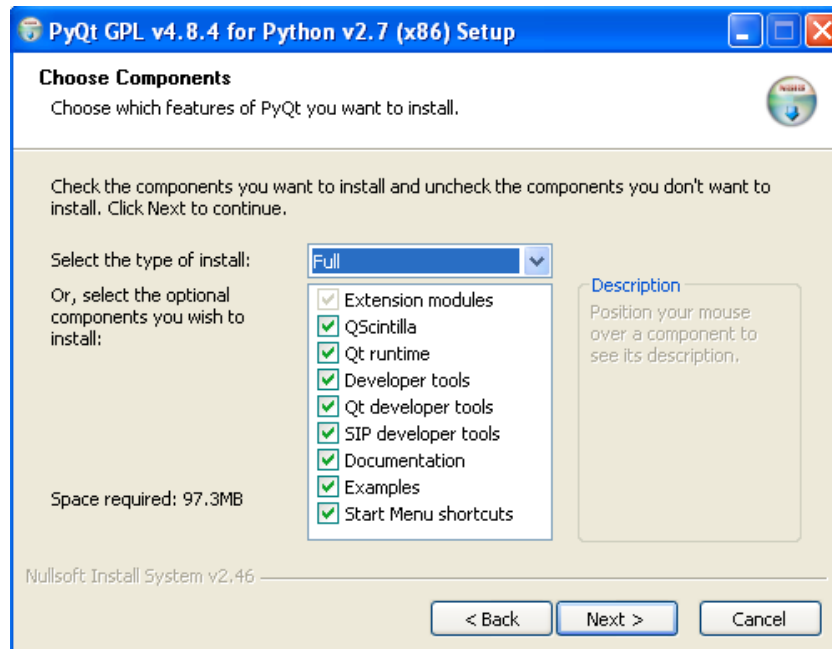


FIGURA A-2-10. Selección de Componentes PyQt para instalar

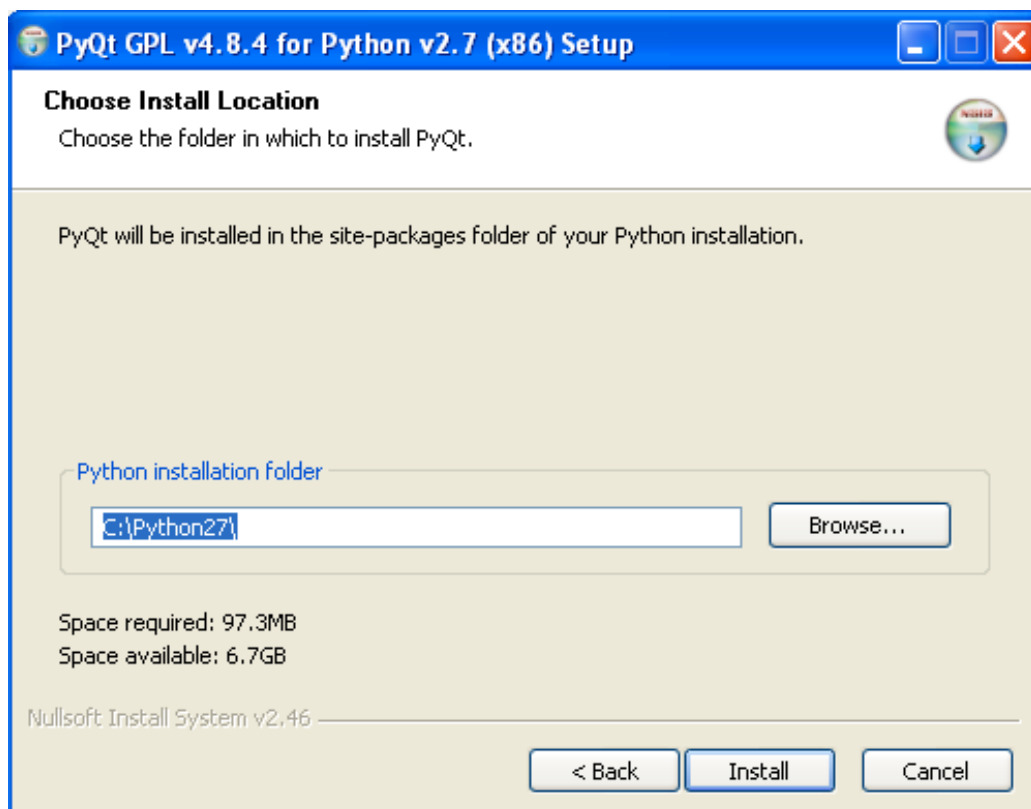


FIGURA A-2-11. Directorio de Instalación de PyQt

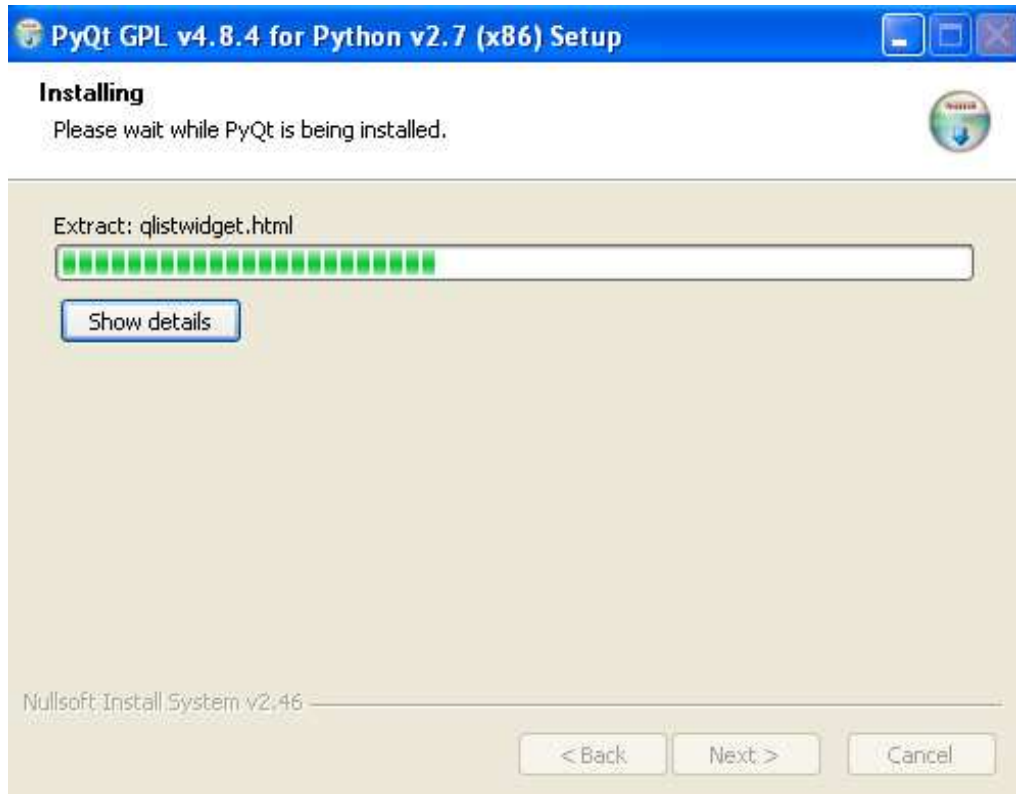
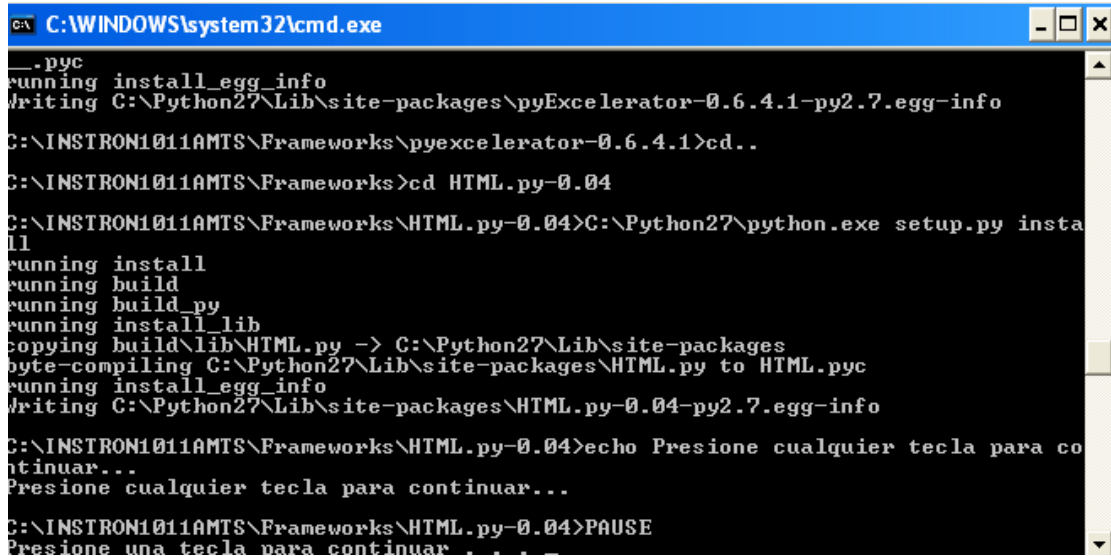


FIGURA A-2-12. Copiando directorios de PyQt al directorio de Python



FIGURA A-2-13. Finalizada la instalación de PyQt

Para finalizar la instalación de módulos externos, el instalador de la aplicación ejecutará un script donde se instalarán los módulos correspondientes a la conexión de instrumentos VISA, escritura de Excel y HTML:



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
... .pyc
Running install_egg_info
Writing C:\Python27\Lib\site-packages\pyExcelerator-0.6.4.1-py2.7.egg-info
C:\INSTRON1011AMTS\Frameworks\pyexcelerator-0.6.4.1>cd..
C:\INSTRON1011AMTS\Frameworks>cd HTML.py-0.04
C:\INSTRON1011AMTS\Frameworks\HTML.py-0.04>C:\Python27\python.exe setup.py install
Running install
Running build
Running build_py
Running install_lib
Copying build\lib\HTML.py -> C:\Python27\Lib\site-packages
Byte-compiling C:\Python27\Lib\site-packages\HTML.py to HTML.pyc
Running install_egg_info
Writing C:\Python27\Lib\site-packages\HTML.py-0.04-py2.7.egg-info
C:\INSTRON1011AMTS\Frameworks\HTML.py-0.04>echo Presione cualquier tecla para continuar...
Presione cualquier tecla para continuar...
C:\INSTRON1011AMTS\Frameworks\HTML.py-0.04>PAUSE
Presione una tecla para continuar...
```

FIGURA A-2-14. Instalación PyExcelerator, PyVISA y HTML

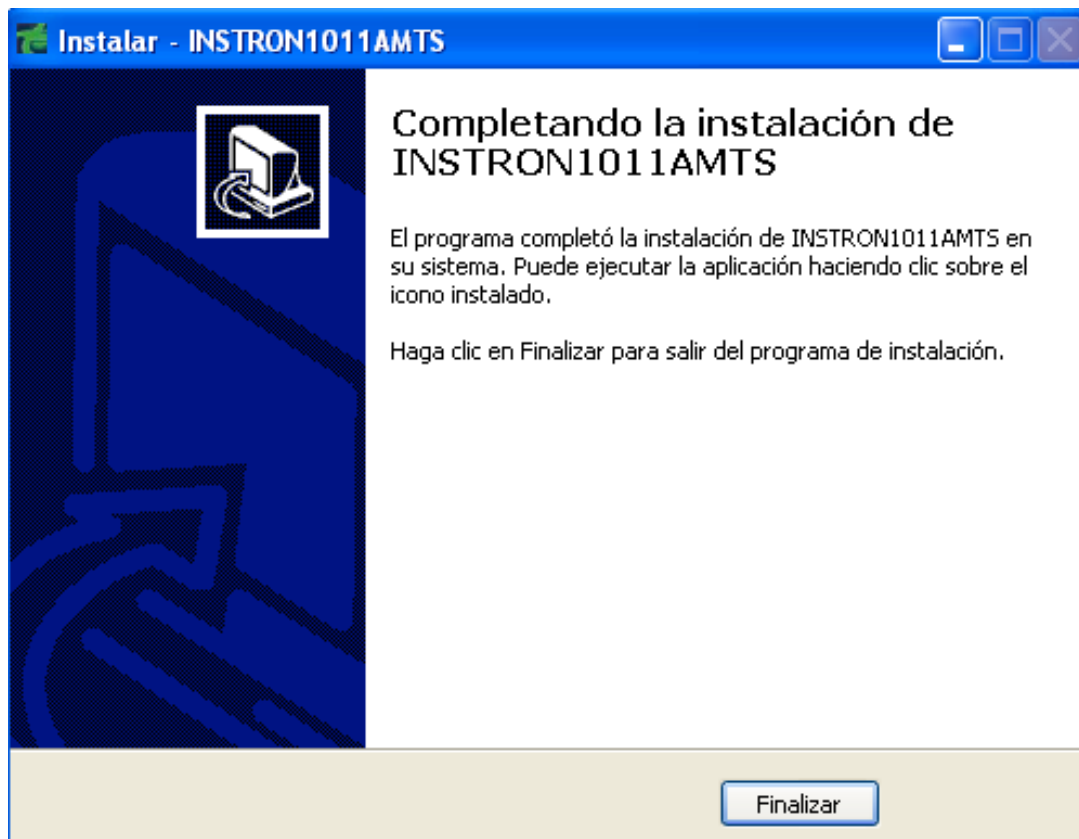


FIGURA A-2-15. Proceso de instalación INSTRON1011AMTS terminado

Al terminar este proceso de instalación, se encontrará en el menú de inicio un acceso directo para arrancar la aplicación.

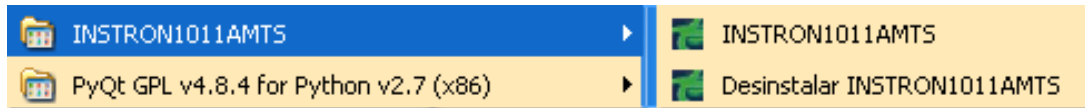


FIGURA A-2-16. Acceso directo arranque software INSTRON1011AMTS

B.- RESULTADOS PRUEBAS T

B.1.- PRUEBA CAUCHO

	DESPLAZAMIENTO AL PICO (mm)		% DEFORMACION AL PICO (%)		CARGA AL PICO (KN)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	121,6	144,687	486,3	578,7	0,2438	0,2362
	149,7	115,47	598,9	461,9	0,22	0,2325
	153,2	126,042	612,9	504,2	0,265	0,2225
	125,2	134,063	500,8	536,3	0,2425	0,265
	155,3	133,958	621,3	535,8	0,2325	0,2225
U	18,01708767		72,12020806		0,02219759	
T(8)-95%	2,306		2,306		2,306	
$ \bar{X}_A - \bar{X}_B $	10,156		40,66		0,00502	

TABLA B-1-1. Resultados Prueba T en Caucho

	ESTRÉS AL PICO (MPa)		DESPLAZAMIENTO A ROTURA (mm)		% DEFORMACIÓN A ROTURA (%)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	15,31	19,11	121,6	144,687	486,3	578,7
	17,76	18,811	149,7	116,98	598,9	467,9
	16,86	17,329	153,2	126,458	612,9	505,8
	15,64	20,639	125,2	134,897	500,8	539,6
	18,51	17,329	155,3	135,208	621,3	540,8
U	1,8988153		17,80465826		71,28099872	
T(8)-95%	2,306		2,306		2,306	
$ \overline{X_A} - \overline{X_B} $	1,8276		9,354		37,48	

TABLA B-1-2. Resultados Prueba T en Caucho

	CARGA A ROTURA (KN)		ESTRÉS A ROTURA (MPa)		DESPLAZAMIENTO A COMPENSACIÓN (mm)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	0,2438	0,2362	15,31	19,11	0,3585	0,47
	0,22	0,2325	17,76	18,811	1,279	0,57567
	0,265	0,2225	16,86	17,329	2,817	0,3257
	0,2425	0,265	15,64	20,639	0,4993	0,0713
	0,2325	0,2225	18,51	17,329	1,68	0,3268
U	0,0221975		2,003517191		1,042216987	
T(8)-95%	2,306		2,306		2,306	
$ \overline{X_A} - \overline{X_B} $	0,00502		1,8276		0,972866	

TABLA B-1-3. Resultados Prueba T en Caucho

	% DEFORMACIÓN A COMPENSACIÓN (%)		CARGA A COMPENSACIÓN (KN)		ESTRÉS A COMPENSACIÓN (MPa)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	1,434	1,883	-0,0013	0,00113	-0,0785	0,05097
	5,116	2,304	0,0088	0,00125	0,7066	0,10113
	11,27	1,303	0,015	0,00056	0,9542	0,03271
	1,997	0,285	0,0013	0,00228	0,0806	0,0405
	6,719	1,307	0,0125	0,00056	0,9949	0,03349
U	4,1697229		0,00653075		0,516345058	
T(8)-95%	2,306		2,306		2,306	
$ \overline{X}_A - \overline{X}_B $	3,8908		0,006104		0,4798	

TABLA B-1-4. Resultados Prueba T en Caucho

	MÓDULO DE YOUNG (MPa)		ENERGÍA A COMPENSACIÓN (J)		ENERGÍA A ROTURA (J)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	7,693	7,59053	-0,0004	0,002	19,87	20,521
	8,441	7,79291	0,0061	0,001	21,97	16,556
	7,509	7,55344	0,0198	0,001	27,75	16,819
	7,431	6,97808	0,0003	0	19,94	21,652
	8,066	7,94307	0,0139	0,001	24,22	18,214
U	0,5156228		0,008113608		4,003084737	
T(8)-95%	2,306		2,306		2,306	
$ \overline{X}_A - \overline{X}_B $	0,256394		0,00694		3,9976	

TABLA B-1-5. Resultados Prueba T en Caucho

B.2.- PRUEBA MICROFIBRA PVC

	DESPLAZAMIENTO AL PICO (mm)		% DEFORMACION AL PICO (%)		CARGA AL PICO (KN)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	41,15	46,600	164,6	186,4	0,0925	0,0925
	46,7	42,8	186,8	171,2	0,09	0,085
	42,83	46,2	171,3	184,8	0,09	0,08625
	46,68	39,7	186,7	158,8	0,0875	0,08375
	37,88	46,6	151,5	186,4	0,0863	0,0875
U	4,482301225		17,93087237		0,0038331	
T(8)-95%	2,306		2,306		2,306	
$ \overline{X_A} - \overline{X_B} $	1,332		5,34		0,00226	

TABLA B-2-1. Resultados Prueba T en PVC

	ESTRÉS AL PICO (MPa)		DESPLAZAMIENTO A ROTURA (mm)		% DEFORMACIÓN A ROTURA (%)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	8,311	8,315	41,15	49,9	210,3	199,6
	7,991	7,6	46,7	42,8	177,8	171,2
	8,021	7,855	42,83	49,9	172,9	199,6
	7,757	7,648	46,68	39,7	191,7	158,8
	7,855	8,079	37,88	46,6	186,3	186,4
U	0,3377373		5,405190806		21,30128978	
T(8)-95%	2,306		2,306		2,306	
$ \overline{X_A} - \overline{X_B} $	0,0876		2,732		4,68	

TABLA B-2-2. Resultados Prueba T en PVC

	CARGA A ROTURA (KN)		ESTRÉS A ROTURA (MPa)		DESPLAZAMIENTO A COMPENSACIÓN (mm)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	0,0925	0,0925	8,311	8,315	0,2861	5,0188
	0,09	0,085	7,991	7,6	0,5356	0,6791
	0,09	0,08625	8,021	7,855	0,2888	4,9864
	0,0875	0,08375	7,757	7,648	0,5362	0,8536
	0,0863	0,0875	7,855	8,079	0,3242	0,642
U	0,0038331		0,337737361		2,165793044	
T(8)-95%	2,306		2,306		2,306	
$ \overline{X_A} - \overline{X_B} $	0,00226		0,0876		2,0418	

TABLA B-2-3. Resultados Prueba T en PVC

	% DEFORMACIÓN A COMPENSACIÓN (%)		CARGA A COMPENSACIÓN (KN)		ESTRÉS A COMPENSACIÓN (MPa)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	1,144	20,075	0,0025	0,0354	0,2246	3,18231
	2,142	2,716	0,005	0,00261	0,444	0,23337
	1,155	19,946	0,0025	0,03276	0,2228	2,98361
	2,145	3,414	0,0038	0,00427	0,3324	0,38995
	1,297	2,568	0,0025	0,00185	0,2277	0,17082
U	8,663355		0,015825832		1,43004936	
T(8)-95%	2,306		2,306		2,306	
$ \overline{X_A} - \overline{X_B} $	8,1672		0,012118		1,101712	

TABLA B-2-4. Resultados Prueba T en PVC

	MÓDULO DE YOUNG (MPa)		ENERGÍA A COMPENSACIÓN (J)		ENERGÍA A ROTURA (J)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	25,71	19,0263	0,0004	0,16	2,805	3,298
	23,65	16,6135	0,001	0,004	3,136	2,444
	23,2	17,799	0,0004	0,148	2,88	3,048
	16,28	17,0936	0,0013	0,007	3,022	2,173
	16,8	17,3591	0,0006	0,003	2,386	2,868
U	4,5396759		0,075560596		0,496255829	
T(8)-95%	2,306		2,306		2,306	
$ \bar{X}_A - \bar{X}_B $	3,549654		0,06366		0,0796	

TABLA B-2-5. Resultados Prueba T en PVC

B.3.- PRUEBA FILM PLASTICO

	DESPLAZAMIENTO AL PICO (mm)		% DEFORMACION AL PICO (%)		CARGA AL PICO (KN)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	368,7	398,833	1475	1595,333	0,0225	0,02333
	331,8	343,4	1327	1373,6	0,02	0,02042
	154,6	345,98	618,6	1383,933	0,113	0,02042
	374	372,15	1496	1488,6	0,0225	0,02063
	384		1536		0,0238	
U	105,567		422,1996755		0,043601451	
T(7)-95%	2,365		2,365		2,365	
$ \bar{X}_A - \bar{X}_B $	42,47083		5,34		0,01916	

TABLA B-2-1. Resultados Prueba T en FILM

	ESTRÉS AL PICO (MPa)		DESPLAZAMIENTO A ROTURA (mm)		% DEFORMACIÓN A ROTURA (%)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	33,48	37,7562	368,7	412,3	1475	1649,2
	30,03	33,0366	331,8	385,15	1327	1432,6
	17,05	31,2181	156,3	353,6	625,3	1414,4
	33,19	31,5367	374	392,55	1496	1570,2
	35,34		384		1536	
U	8,3772740		104,4818565		420,9226063	
T(8)-95%	2,365		2,365		2,365	
$ \bar{X}_A - \bar{X}_B $	3,5689325		62,94		224,74	

TABLA B-2-2. Resultados Prueba T en FILM.

	CARGA A ROTURA (KN)		ESTRÉS A ROTURA (MPa)		DESPLAZAMIENTO A COMPENSACIÓN (mm)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	0,0225	0,01917	33,48	31,0140	2,819	0,5065
	0,02	0,01063	30,03	17,1925	1,278	0,0654
	0,01	0,02	15,15	30,5810	1,346	3,4207
	0,0225	0,02125	33,19	32,4923	0,4425	1,3291
	0,0238		35,34		0,3272	
U	0,0074373		10,89700377		1,713574496	
T(8)-95%	2,365		2,365		2,365	
$ \bar{X}_A - \bar{X}_B $	0,0019975		1,618005		0,087885	

TABLA B-2-3. Resultados Prueba T en FILM

	% DEFORMACIÓN A COMPENSACIÓN (%)		CARGA A COMPENSACIÓN (KN)		ESTRÉS A COMPENSACIÓN (MPa)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	11,28	2,026	0,0075	0,00083	11,16	1,33626
	5,112	0,262	0,0038	0,0002	5,631	0,3307
	5,384	13,683	0,005	0,00685	7,576	10,4772
	1,77	5,316	-0,0013	0,00294	-1,844	4,49629
	1,297		0		0	
U	6,8571583		0,004728173		7,081490488	
T(8)-95%	2,365		2,365		2,365	
$ \bar{X}_A - \bar{X}_B $	0,35315		0,000295		0,34448	

TABLA B-2-4. Resultados Prueba T en FILM

	MÓDULO DE YOUNG (MPa)		ENERGÍA A COMPENSACIÓN (J)		ENERGÍA A ROTURA (J)	
	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO	ANTIGUO	NUEVO
	96,9	93,8617	0,0061	0,001	4,717	5,48
	94,51	101,964	0,0018	0	3,957	4,714
	92,49	91,661	0,0025	0,016	1,449	4,412
	117,2	103,067	-0,0003	0,004	4,869	4,68
	119,5		0		5,234	
U	14,973282		0,007174949		1,686212873	
T(8)-95%	2,365		2,365		2,365	
$ \bar{X}_A - \bar{X}_B $	6,4813025		0,00323		0,7763	

TABLA B-2-5. Resultados Prueba T en FILM

C.- EJEMPLO ARCHIVO ESPÉCIMEN

```
<specimen>
  <baseDeDatos>D638_14062011_1612</baseDeDatos>
  <calculosSeleccionados>[28,29,30]</calculosSeleccionados>
  <tipoGeometria>0</tipoGeometria>
  <muestrasExcluidas>[]</muestrasExcluidas>
  <especimen_1>
    <temperatureScale>0</temperatureScale>
    <minimunAndMaximum>0</minimunAndMaximum>
    <specimenGaugeLenghtTensileRectangular>25.0
  </specimenGaugeLenghtTensileRectangular>
    <distanciaEntrePinzas>65.0</distanciaEntrePinzas>
    <machineControl>1</machineControl>
    <gripDistanceSpecimenTensileRectangular>65.0
  </gripDistanceSpecimenTensileRectangular>
    <area_transversal>1.0938</area_transversal>
    <loadThreshold>0</loadThreshold>
    <temperatureToBeEntered>1</temperatureToBeEntered>
    <peakConstLine>0</peakConstLine>
    <ancho>6.0</ancho>
    <speedChangeAt>0.0</speedChangeAt>
    <secondSpeed>0.0</secondSpeed>
    <offsetYieldConstLine>0</offsetYieldConstLine>
    <coefOfVariation>0</coefOfVariation>
    <timeDelay>0.0</timeDelay>
    <tangentLimitsIndex>0</tangentLimitsIndex>
    <statisticalAnalysis>1</statisticalAnalysis>
    <area_superficial>150.0</area_superficial>
    <loadLevelConstLine>0</loadLevelConstLine>
    <parametrosRoturaIndex>3</parametrosRoturaIndex>
    <typeSpecimen>D638</typeSpecimen>
    <splitInRows>0</splitInRows>
    <methodLabel>D638</methodLabel>
    <secantLimitsIndex>0</secantLimitsIndex>
    <fecha>2011-06-14 15:57:33</fecha>
    <tangentPointConstLine>0</tangentPointConstLine>
    <reportHeader>CIAP
    Ladron de Guevara y Andalucia
    Quito - Ecuador</reportHeader>
    <chordLowerLimit>10.0</chordLowerLimit>
    <inputUnitType>0</inputUnitType>
    <methodLabelTest>D638</methodLabelTest>
    <highLoad>5.0</highLoad>
    <linearRegionLowerLimit>0.0</linearRegionLowerLimit>
    <limitValue>0.0</limitValue>
    <youngLimitsIndex>6</youngLimitsIndex>
    <startTestWith>0</startTestWith>
    <fixtureType>0</fixtureType>
    <methodLabelReport>D638</methodLabelReport>
    <espesor>0.1823</espesor>
    <numeroDePruebas>5</numeroDePruebas>
    <offsetYield>0.2</offsetYield>
    <testMethod>0</testMethod>
</methodDescription>Probeta tipo
```

```

halterio</methodDescription>
  <actionCrossheadStop>0</actionCrossheadStop>
  <galga>25.0</galga>
  <IDMuestra>BL2</IDMuestra>
  <testDirection>0</testDirection>
  <tangentPoint>3.0</tangentPoint>
  <defaultTemperature>73.0</defaultTemperature>
  <speedChangedBy>0</speedChangedBy>
  <humidityToBeEntered>1</humidityToBeEntered>
  <methodDescriptionSpecimen>Probeta tipo halterio
</methodDescriptionSpecimen>
  <crossheadSpeed>500.0</crossheadSpeed>
  <geometrySpecimen>0</geometrySpecimen>
  <parametrosRoturaValue>0.3</parametrosRoturaValue>
  <linearRegionUpperLimit>4.1</linearRegionUpperLimit>
  <widthSpecimenTensileRectangular>6.0
</widthSpecimenTensileRectangular>
  <methodLabelSpecimen>D638</methodLabelSpecimen>
  <stopDataSampling>1</stopDataSampling>
  <plotNumberPerScreen>5</plotNumberPerScreen>
  <reducedReport>1</reducedReport>
  <loadCellUsed>5.0</loadCellUsed>
  <holdTime>0.0</holdTime>
  <chordLimitsIndex>0</chordLimitsIndex>
  <thicknessSpecimenTensileRectangular>0.1823
</thicknessSpecimenTensileRectangular>
  <chordUpperLimit>20.0</chordUpperLimit>
  <meanStdDev>1</meanStdDev>
  <chordModulusConstLine>0</chordModulusConstLine>
  <showConstructionLines>0</showConstructionLines>
  <breakConstLine>0</breakConstLine>
  <samplingRate>10.0</samplingRate>
  <methodLabelData>D638</methodLabelData>
  <secantModulusConstLine>0</secantModulusConstLine>
  <defaultHumidity>50.0</defaultHumidity>
  <highExtension>1000.0</highExtension>
  <customTestLabel>NO-HAY-DATOS</customTestLabel>
  <especimenActual>1</especimenActual>
  <loadLevel>0.005</loadLevel>
  <limitType>-1</limitType>
  <secantUpperLimit>2.0</secantUpperLimit>
  <leastSquareFitConstLine>1</leastSquareFitConstLine>
  <nombreOperador>DAVID</nombreOperador>
  <offsetYieldIndex>1</offsetYieldIndex>
  <machineStop>1</machineStop>
</especimen_1>
</specimen>

```