MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL TRIAXIAL AUTOMÁTICO DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.

TRABAJO DE GRADO

ALEX FABIÁN RAMOS MORENO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD INGENIERIA

PROGRAMA INGENIERIA CIVIL

BOGOTA D.C. OCTUBRE DE 2015

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL TRIAXIAL AUTOMÁTICO DEL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

Tutor: ING. JAVER FERNANDO CAMACHO TAUTA

ALEX FABIÁN RAMOS MORENO

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD INGENIERIA

PROGRAMA INGENIERIA CIVIL

BOGOTA D.C. OCTUBRE DE 2015

Señores

COMITÉ DE OPCIÓN DE GRADO

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

Ciudad. Bogotá D.C.

Ref.: Presentación Trabajo de Grado

En cumplimiento del reglamento de la Facultad para el desarrollo de la Opción de Grado, nos permitimos presentar para los fines pertinentes el trabajo de grado titulado: "MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL TRIAXIAL AUTOMÁTICO DEL LABORATORIO DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA".

El Tutor es el Ingeniero Javier Fernando Camacho Tauta.

Atentamente,

_____

Alex Fabián Ramos Moreno

Código: 1101423

Estudiante de Ingeniería Civíl

APROBACIÓN

El trabajo de grado titulado “MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL TRIAXIAL AUTOMÁTICO DEL LABORATORIO DE SUELOS DE LA UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA”, opción de trabajo de grado, presentado por el estudiante Alex Fabián Ramos Moreno , en cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de “Ingeniero Civil” fue aprobada por el tutor:

_____

Ing. Javier Fernando Camacho Tauta

Tutor Universidad Militar Nueva Granada

DEDICATORIA

En primer lugar quiero agradecer el apoyo brindado por mis padres Alix Moreno y José Ramos, que a lo largo de mi carrera, estuvieron ahí para animarme en mi camino.

En segundo lugar a mis hermanas Heidi Pérez y Alix Pérez, quienes fueron piezas fundamentales en mi proceso de aprendizaje, su apoyo fue indispensable para mí.

A mis hermanos Pedro Pérez, Daniel Ramos y David Ramos, quienes me brindaron ayuda cuando más la necesitaba.

A Zeus, por su compañía incondicional y por el tiempo que no pude ni podré compartir con él.

MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL TRIAXIAL AUTOMÁTICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

Contenido

Tabla de figuras 9
Índice de tablas 13
1. Partes del Triaxial automático 14
1.1. Caja de control en tiempo real (RTC) 14
1.2. Registrador automático de datos (ATD) 14
1.3. Controlador de presión hidromático 15
1.4. Dispositivo automático de cambio volumétrico 16
1.5. Válvula solenoide 16
1.6. Válvula mecánica 17
1.7. Dispositivo servidor Lantronix 17
1.8. Interruptor Ethernet nivel uno 17
1.9. Marco de carga Tritech 18
1.10. Cámara triaxial 18
1.11. Sensores locales 20
1.12. Sensor de desplazamiento axial externo 20
1.13. Celda de carga 21
2. Calibración de transductores 23
2.1. Calibración de sensores locales 23
2.1.1. Calibración de sensor local radial 23
2.1.2. Calibración de sensor local axial 42
2.2. Calibración de la celda de carga 43
3. Montaje de muestras 49
3.1. Montaje de muestras de suelo con cohesión. 49
3.2. Montaje de muestras de suelo sin cohesión 65
4. Actividades preliminares a la programación del ensayo 71
4.1. Ajuste de los parámetros P e I 71
4.2. Llenado del tanque y desairado. 78
5. Programación del ensayo 80
5.1. Configurar una etapa de saturación 95
5.2. Configurar una etapa de consolidación isotrópica 97
5.3. Configurar una etapa de trayectoria de esfuerzos 99

5.4. Configurar una etapa de consolidación Ko 100
5.5. Configurar una etapa de corte monotónico..... 101
5.6. Ejecución de una etapa de saturación. 106
5.7. Ejecución de una etapa de consolidación. 110
5.8. Ejecución de una etapa de trayectoria de esfuerzos. 113
5.9. Ejecución de una etapa de consolidación Ko. 116
5.10. Ejecución de una etapa de corte. 118
5.11. Finalizar un ensayo 120
5.12. Cargar un ensayo. 121
5.13. Panel de registro histórico 123
5.14. Cargar una plantilla de ensayo del software ‘stress path’. 124
5.15. Descripciones de la plantilla. 127
5.16. Cargar una plantilla desde el software ‘effective stress’. 131
Bibliografía. 133
Web-grafía 133

Tabla de figuras

Figura 1-1 Caja de control en tiempo real (RTC) 14
Figura 1-2 Registrador automático de datos (ATD) 14
Figura 1-3 Canales ATD 15
Figura 1-4 Controlador de presión hidromático 15
Figura 1-5 Dispositivo automático de cambio volumétrico 16
Figura 1-6 Válvula solenoide. Tomado de Automatic triaxial hardware instruction manual 16
Figura 1-7 Válvula mecánica 17
Figura 1-8 Dispositivo servidor Lantronix 17
Figura 1-9 Interruptor Ethernet nivel uno 17
Figura 1-10 Marco de carga Tritech 18
Figura 1-11 Base de la cámara triaxial 19
Figura 1-12 Anillo cámara triaxial 19
Figura 1-13 Cámara 19
Figura 1-14 Sensor local axial 20
Figura 1-15 Sensor radial 20
Figura 1-16 Sensor de desplazamiento axial externo 20
Figura 1-17 Celda de carga 21
Figura 1-18 Esquema Triaxial automático 22
Figura 2-1 Sensor local radial 70 mm 23
Figura 2-2 Sensor local radial 150 mm 23
Figura 2-3 Deformación controlada del sensor radial 23
Figura 2-4 Conexión sensor local - ATD 24
Figura 2-5 Encendido de software de ATD y conexión ATD 24
Figura 2-6 Encendido de software de ATD y conexión ATD 25
Figura 2-7 Ubicación en el canal correspondiente 25
Figura 2-8 Conexión RTC 26
Figura 2-9 Conexión RTC 27
Figura 2-10 Panel del System 1 28
Figura 2-11 Ingreso de contraseña 29
Figura 2-12 Procedimiento para cambio de contraseña 29
Figura 2-13 Panel para cambio de contraseña 30
Figura 2-14 Panel de información de calibración 30
Figura 2-15 Panel de calibración 31
Figura 2-16 Panel de ajuste de calibración 32
Figura 2-17 Panel de ajustes de calibración 33
Figura 2-18 Elección número de puntos para calibración 34
Figura 2-19 Elección número de puntos para calibración 35
Figura 2-20 Panel de ingreso de información de calibración 35
Figura 2-21 Ajuste de gráfica de calibración linear 36
Figura 2-22 Ajuste de gráfica de calibración polinómica 37
Figura 2-23 Verificación de la calibración 38
Figura 2-24 Verificación de la calibración 39

Figura 2-25 Cuadro de ingreso de información de verificación 39
Figura 2-26 Botón de ajuste de gráfica de calibración 40
Figura 2-27 Botón de ajuste de gráfica de calibración 41
Figura 2-28 Pestaña Optional channels 42
Figura 2-29 Sensor local axial 42
Figura 2-30 Anillo de carga y cuadros registro Tomada de www.controls-group.com 43
Figura 2-31 Sujeción celda de carga 44
Figura 2-32 Anillo de carga 44
Figura 2-33 Montaje para la calibración de una celda de carga 45
Figura 2-34 Conexión del ATD 45
Figura 2-35 Conexión del ATD 46
Figura 2-36 Conexión RTC 47
Figura 2-37 Panel system setup 48
Figura 3-1 Purga del pedestal 50
Figura 3-2 Aplicación de la silicona 50
Figura 3-3 Disposición de piedra porosa y papel filtro 50
Figura 3-4 Toma de medidas de la muestra 51
Figura 3-5 Disposición de la muestra sobre el pedestal 51
Figura 3-6 Disposición de papel filtro y piedra porosa sobre la muestra. 52
Figura 3-7 Colocación de la membrana 52
Figura 3-8 Colocación de o'rings en la herramienta de colocación 53
Figura 3-9 Emplazamiento de los o'rings inferiores 53
Figura 3-10 O'rings inferiores montados 54
Figura 3-11 Montaje de los o'rings superiores 54
Figura 3-12 Prueba de vacío 55
Figura 3-13 Pegado del soporte del sensor local radial a la membrana 55
Figura 3-14 Ubicación del sensor local radial 56
Figura 3-15 Emplazamiento de los sensores locales axiales 56
Figura 3-16 Retiro de soportes 57
Figura 3-17 Posicionamiento del anillo 57
Figura 3-18 Acomodación de cables de sensores locales 57
Figura 3-19 Cambio de posición del tapón del cable de un sensor local 58
Figura 3-20 Ajuste del anillo y aplicación de silicona 58
Figura 3-21 Ajuste de la cámara 58
Figura 3-22 Espaciamiento cabezal - celda de carga 59
Figura 3-23 Ajuste de la posición del plato del marco de carga 59
Figura 3-24 Apertura de válvula mecánica de presión de cámara 60
Figura 3-25 Apertura válvula superior de la cámara triaxial 60
Figura 3-26 Conexión servo válvula de contra presión y transductor de presión de poros 61
Figura 3-27 Purga de dispositivo de cambio volumétrico 61
Figura 3-28 Abrir el software del ATD y conexión del ATD 62
Figura 3-29 Conexión del RTC 63
Figura 3-30 Panel System 1 63

Figura 3-31 Panel System status 64
Figura 3-32 Panel de control de control de presión manual..... 65
Figura 3-33 Purga del pedestal..... 66
Figura 3-34 Aplicación silicona 67
Figura 3-35 Molde cilíndrico..... 67
Figura 3-36 Disposición piedra porosa y papel filtro sobre el pedestal..... 67
Figura 3-37 Colocación de membrana sobre molde cilíndrico..... 68
Figura 3-38 Molde cilíndrico sobre la base de la cámara triaxial..... 68
Figura 3-39 Disposición y compactación del material por capas 69
Figura 3-40 Colocación del papel filtro y piedra porosa sobre la muestra 69
Figura 3-41 Muestra en arena..... 69
Figura 4-1 Panel de control principal 74
Figura 4-2 Apertura línea 1 75
Figura 4-3 Inicio de rampa..... 75
Figura 4-4 Salto de presión..... 76
Figura 4-5 Salto de presión..... 77
Figura 4-6 Esquema para procedimiento de llenado y desairado del tanque 78
Figura 4-7 Configuración para procedimiento de llenado y desairado del tanque 78
Figura 4-8 Tablero de válvulas mecánicas..... 79
Figura 5-1 Conexión del ATD y del RTC 80
Figura 5-2 Conexión del ATD y del RTC 81
Figura 5-3 Pestaña system setup 81
Figura 5-4 Panel del ensayo de trayectoria de esfuerzos 82
Figura 5-5 Opciones de modo 82
Figura 5-6 Herramientas de sistema 83
Figura 5-7 Conexión del RTC 84
Figura 5-8 Panel de test setup..... 85
Figura 5-9 Tipo de conexión ‘Not connected’. Tomado de 'Stress path test module software'..... 86
Figura 5-10 Tipo de conexión 'Connected’. Tomado de 'Stress path test module software' 86
Figura 5-11 Panel ajuste de sensores locales..... 87
Figura 5-12 Panel de Specimen setup 88
Figura 5-13 Panel de lectura de transductores 90
Figura 5-14 Ingreso al Stage setup panel 92
Figura 5-15 Tipo de ensayo 93
Figura 5-16 Botón Custom 93
Figura 5-17 Botón Load 93
Figura 5-18 Cargar una plantilla 94
Figura 5-19 Recuadro etapas del ensayo 94
Figura 5-20 Panel de ajustes de etapa 95
Figura 5-21 Recuadro Logarithmic (time) 96
Figura 5-22 Panel de consolidación isotrópica..... 97
Figura 5-23 Recuadro para especificar tiempo de recolección de datos 98
Figura 5-24 Panel de configuración de trayectoria de esfuerzo 99

Figura 5-25 Configuración etapa de consolidación Ko 100
Figura 5-26 Panel de configuración corte monotónico 101
Figura 5-27 Recuadro de tiempo de recolección de datos 102
Figura 5-28 Paso de Inicializar 103
Figura 5-29 Recuadro para presión de cámara 104
Figura 5-30 Recuadro contra presión 104
Figura 5-31 Control de marco de carga 104
Figura 5-32 Iniciación de ensayo 105
Figura 5-33 Panel de saturación 106
Figura 5-34 Panel de saturación 107
Figura 5-35 Panel de saturación 108
Figura 5-36 Panel de saturación 109
Figura 5-37 Panel de consolidación isotrópica 110
Figura 5-38 Panel t100 111
Figura 5-39 Ajuste parámetros P e I 112
Figura 5-40 Fijación sensor axial externo 112
Figura 5-41 Panel de trayectoria de esfuerzo 113
Figura 5-42 Panel de trayectoria de esfuerzo 114
Figura 5-43 Mensaje de ajuste de plato de marco de carga 114
Figura 5-44 Válvula superior de la cámara triaxial 115
Figura 5-45 Panel de consolidación Ko 116
Figura 5-46 Mensaje de ajuste de plato de marco de carga 117
Figura 5-47 Panel de corte monotónico 118
Figura 5-48 Mensaje de ajuste de plato de marco de carga 119
Figura 5-49 Finalizar un ensayo 120
Figura 5-50 Conexión ATD y el RTC 121
Figura 5-51 Opciones de modo 121
Figura 5-52 Botón cargar ensayo 122
Figura 5-53 Panel de registro histórico 123
Figura 5-54 Panel de exportación de plantilla 124
Figura 5-55 Selección de plantilla dada por el software 125
Figura 5-56 Crear el archivo de reporte de ensayo. 126
Figura 5-57 Hoja setup 127
Figura 5-58 Hoja lecturas 128
Figura 5-59 Hoja de mediciones 128
Figura 5-60 Hoja con correlaciones resultantes de las medidas durante el ensayo 129
Figura 5-61 Gráficas que proporciona la plantilla 130
Figura 5-62 Panel de exportación de ensayos a plantilla. 131

Índice de tablas

Tabla 2-1 Ajuste amplificador de ganancia 33

1. Partes del Triaxial automático

1.1. Caja de control en tiempo real (RTC)

Este dispositivo recibe instrucciones del software del respectivo ensayo, que con ayuda de la realimentación de los datos medidos por el ATD, permite controlar y manejar la velocidad del marco de carga; las presiones que generan los controladores de presión hidromáticos; el cierre o apertura del flujo de agua y por ende de la presión que transmite el agua; y la dirección del flujo del dispositivo de cambio volumétrico.

Este dispositivo controla un sistema triaxial, pero puede ser configurado para adicionar otros dos sistemas triaxiales, lo que quiere decir que una unidad RTC puede manejar hasta 3 sistemas al mismo tiempo.

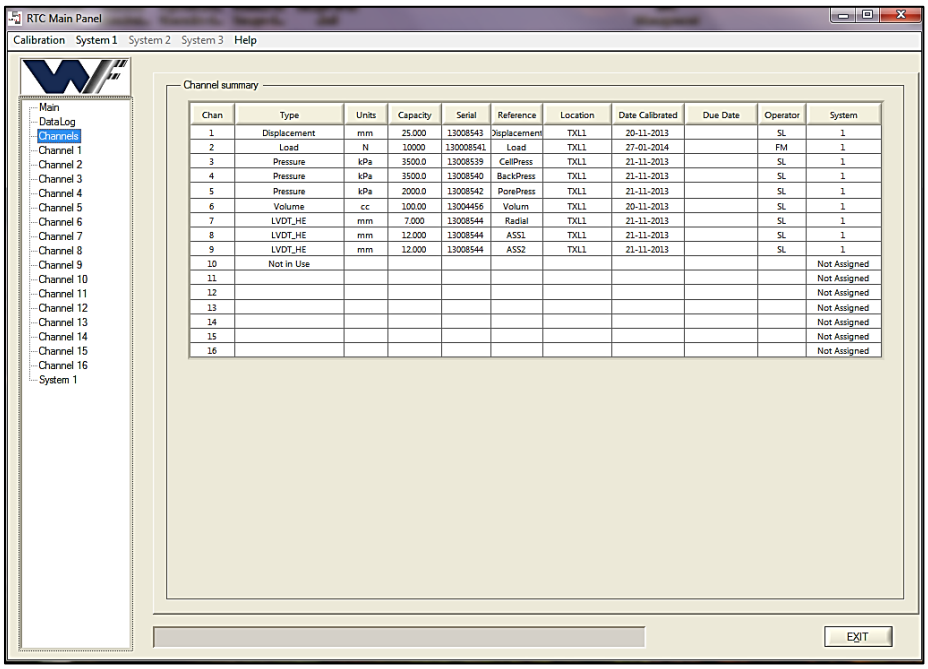
Con ayuda del software de manejo del RTC es posible calibrar los sensores de carga, desplazamiento, presión y cambio volumétrico que están conectados al sistema.

Figura 1-1 Caja de control en tiempo real (RTC)

1.2. Registrador automático de datos (ATD)

Figura 1-2 Registrador automático de datos (ATD)

A este dispositivo llegan todas las mediciones que realizan los diversos sensores; el fabricante del equipo cuenta con dos tipos de ATD, uno con disponibilidad de 16 canales y otro con disponibilidad de 32 canales, el equipo que posee el laboratorio de suelos de la Universidad Militar Nueva Granada es un equipo de 16 canales, usados de la siguiente forma a la fecha de realización del presente manual:



Chan	Type	Units	Capacity	Serial	Reference	Location	Date Calibrated	Due Date	Operator	System
1	Displacement	mm	25.000	13008543	Displacement	TXL1	20-11-2013		SL	1
2	Load	N	10000	130008541	Load	TXL1	27-01-2014		FM	1
3	Pressure	kPa	3500.0	13008539	CellPress	TXL1	21-11-2013		SL	1
4	Pressure	kPa	3500.0	13008540	BackPress	TXL1	21-11-2013		SL	1
5	Pressure	kPa	2000.0	13008542	PorePress	TXL1	21-11-2013		SL	1
6	Volume	cc	100.00	13004456	Volum	TXL1	20-11-2013		SL	1
7	LVDT_HE	mm	7.000	13008544	Radial	TXL1	21-11-2013		SL	1
8	LVDT_HE	mm	12.000	13008544	ASS1	TXL1	21-11-2013		SL	1
9	LVDT_HE	mm	12.000	13008544	ASS2	TXL1	21-11-2013		SL	1
10	Not in Use									Not Assigned
11										Not Assigned
12										Not Assigned
13										Not Assigned
14										Not Assigned
15										Not Assigned
16										Not Assigned

Figura 1-3 Canales ATD

1.3. Controlador de presión hidromático

Figura 1-4 Controlador de presión hidromático

Es una unidad autónoma, capaz de generar una presión de más de 3500 kPa. La presión es generada por medio de un pistón hidráulico que es conducido por un motor. El motor es

controlado por sistema de control de circuito cerrado del RTC, que recibe realimentación del correspondiente transductor de presión lo cual permite el control preciso de una línea de presión.

Para el sistema del triaxial automático del laboratorio de suelos de la Universidad Militar Nueva Granada se requieren de dos controladores de presión hidromáticos: uno para la ser usado en la presión de cámara y el otro en la contrapresión.

1.4. Dispositivo automático de cambio volumétrico

Figura 1-5 Dispositivo automático de cambio volumétrico

Este dispositivo comprime un pistón sellado dentro de una cámara llena de agua, conectado a un transductor de desplazamiento linear de 25 mm. El flujo de agua a través de la unidad causa el movimiento del pistón el cual es medido por el transductor. La medida del transductor es directamente proporcional al volumen de agua que fluye a través de la unidad.

La unidad contiene válvulas solenoides integrales que permiten el control automático de las funciones de dirección de flujo.

La unidad es alimentada y controlada por la caja RTC la cual responde a la realimentación del transductor de desplazamiento linear de la unidad para habilitar que el continuo cambio volumétrico sea medido.

1.5. Válvula solenoide

Es una válvula de doble flujo, conectada a la válvula de la cámara triaxial en una línea de presión para permitir que la línea sea abierta o cerrada automáticamente. La válvula es directamente energizada y controlada por la caja RTC.

Figura 1-6 Válvula solenoide. Tomado de Automatic triaxial hardware instruction manual

1.6. Válvula mecánica

Esta válvula permite al operario controlar el flujo de agua manualmente, lo cual resulta útil cuando se están realizando procedimiento de purga de las mangueras del sistema.

Figura 1-7 Válvula mecánica

1.7. Dispositivo servidor Lantronix

Figura 1-8 Dispositivo servidor Lantronix

Es un servidor de dispositivos de un solo puerto que encapsula datos en serie de paquetes y lo transporta por una red. Conectado al ATD y al interruptor Ethernet, permite la distribución de los paquetes de datos sobre del ATD a la red del sistema triaxial automático.

1.8. Interruptor Ethernet nivel uno

Figura 1-9 Interruptor Ethernet nivel uno

El interruptor Ethernet nivel uno es un concentrador de red que facilita la comunicación de alta velocidad entre el equipo que ejecuta la prueba y la manejo del software, el ATD y la caja RTC.

1.9. Marco de carga Tritech

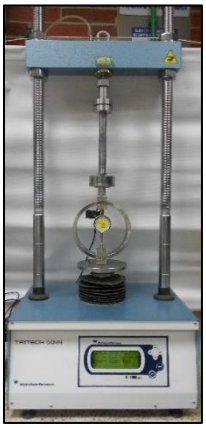


Figura 1-10 Marco de carga Tritech

El marco de carga es una estructura que consta de dos columnas cromadas (las cuales garantizan alta rigidez y estabilidad), una platina de carga hecha de acero inoxidable (que es la que transmite la carga a la cámara triaxial), un anclaje que esta atornillado a las dos columnas metálicas (tiene un nivel para asegurar una posición centrada de la cámara triaxial) y por último la "caja" que es la que contiene todos los dispositivos que generan la carga en su interior y el tablero para operación manual, conexión eléctrica y conexión al computador en su exterior.

Cuando el marco es usado en modo control por computadora, todas las funciones principales (velocidad alta/baja, dirección arriba/abajo, detenerse) son manejadas por el software del computador. En modo manual, el tablero de operación ubicado en el panel frontal es usado para controlar todas las funciones del marco, incluyendo la opción de acercamiento rápido que reduce el tiempo de configuración del ensayo.

El marco es versátil en cuanto al tamaño de la muestra y el tipo de ensayos: las muestras que pueden ser usadas en el marco deben estar en un rango de diámetros de entre 38 a 150 mm; los ensayos que pueden ser realizados en el marco son ensayo de compresión triaxial tipo no consolidado no drenado (UU), ensayo de compresión triaxial tipo consolidado no drenado (CU), ensayo de compresión triaxial tipo consolidado drenado (CD) y ensayo de compresión triaxial tipo trayectoria de esfuerzos.

1.10. Cámara triaxial

La cámara triaxial se puede dividir en varias partes:

- La base: este elemento es donde están las conexiones de presión de cámara, contra presión y presión de poros; además es donde se coloca el pedestal (sobre este elemento reposa la muestra) y el cabezal.

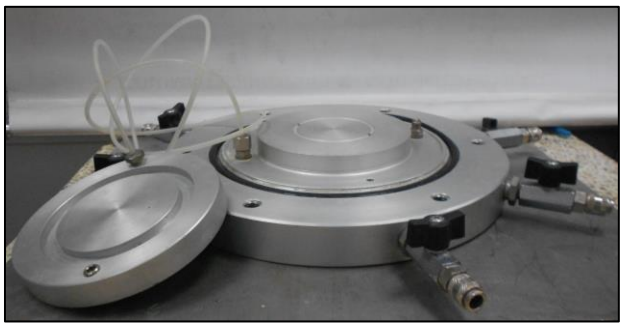


Figura 1-11 Base de la cámara triaxial

- El anillo: este elemento es usado cuando es necesario obtener una mayor separación entre la celda de carga y el cabezal o cuando se desea instalar sensores locales.

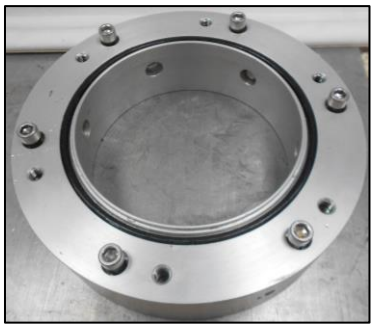


Figura 1-12 Anillo cámara triaxial

- La cámara: esta es la parte superior de la cámara triaxial, está fabricada con un cilindro de material acrílico capaz de soportar 3500 kPa o 2000 kPa dependiendo del modelo de la cámara; este elemento es atravesado por el "pistón" o celda de carga a sin permitir que haya fuga alguna de agua. Además tienen una válvula en la parte superior que es la que permite el escape del aire al momento del llenado de la cámara.

Figura 1-13 Cámara

1.11. Sensores locales

Estos transductores están adheridos directamente sobre la muestra, miden pequeñas deformaciones y por lo tanto son más exactos que los transductores externos; se utilizan dos tipos de sensores locales:

- Sensor local axial: mide las deformaciones axiales de la muestra, son colocados en pareja y en su instalación deben ser pegados diametralmente opuestos.

Figura 1-14 Sensor local axial

- Sensor radial: mide deformaciones radiales de la muestra, es colocado a la media altura de la muestra.

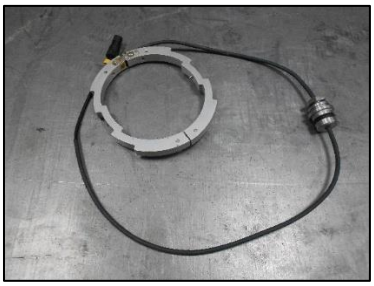


Figura 1-15 Sensor radial

1.12. Sensor de desplazamiento axial externo

Este sensor permite medir la deformación relativa de la muestra, a partir del movimiento de la cámara triaxial, lo cual lo inhabilita al momento de medir deformaciones durante la fase de consolidación y en la etapa de falla lo hace menos preciso que un sensor local.

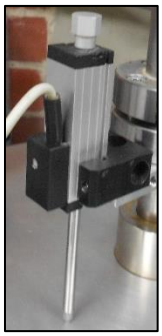


Figura 1-16 Sensor de desplazamiento axial externo

1.13. Celda de carga

Este sensor permite conocer la carga a la cual está sometida la muestra, reposa sobre el cabezal de la muestra.

La capacidad de la celda puede ser de 10 kN o 25 kN, dependiendo del serial de la celda; es importante tener en cuenta esta capacidad al momento de hacer un ensayo para no dañar la celda.

Figura 1-17 Celda de carga

La figura 1-18 enseña el esquema del triaxial automático, allí se puede ver los componentes del sistema triaxial y la forma como están conectados entre sí.

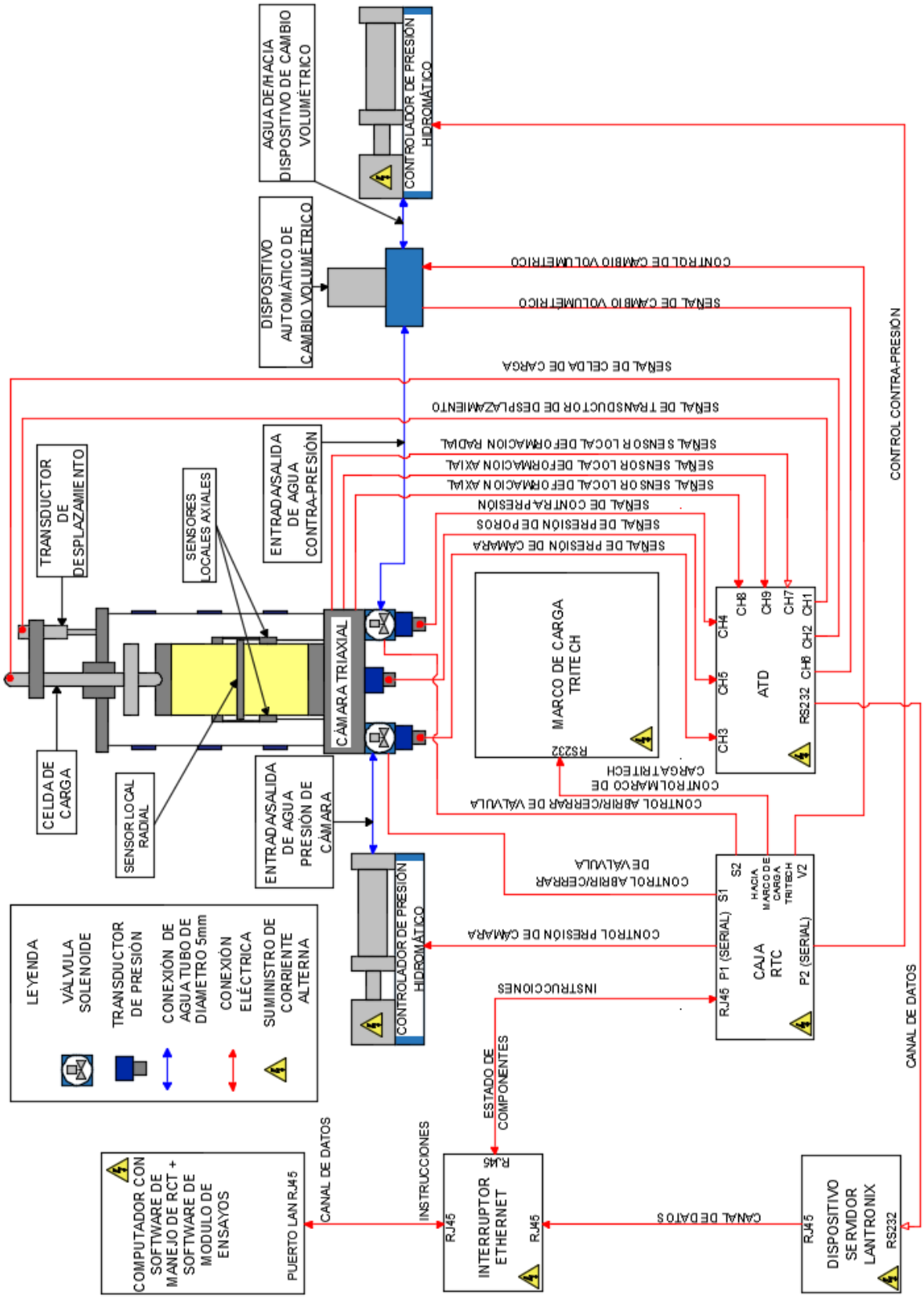


Figura 1-18 Esquema Triaxial automático

2. Calibración de transductores

2.1. Calibración de sensores locales

2.1.1. Calibración de sensor local radial

Paso 1: Para comenzar con la calibración se debe sujetar el sensor local al micrómetro de calibración; la disposición dependerá del tamaño del sensor como se evidencia a continuación:

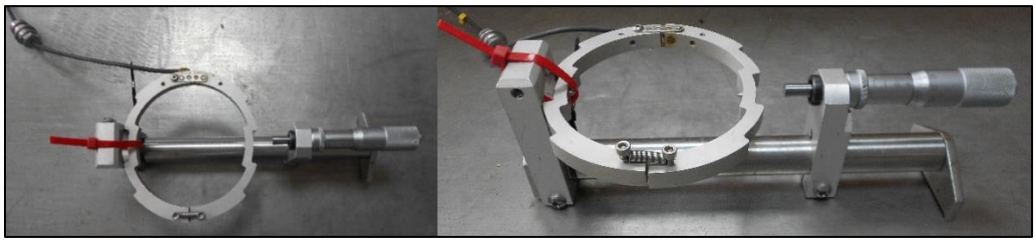


Figura 2-1 Sensor local radial 70 mm

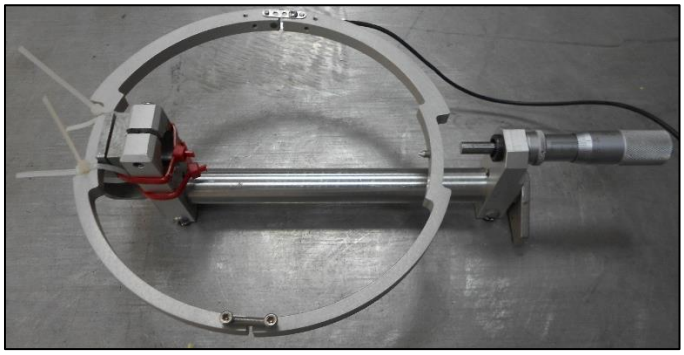


Figura 2-2 Sensor local radial 150 mm

Paso 2: Se coloca algún elemento que haga que el resorte del sensor se extienda, de tal forma que el sensor este en contacto con el micrómetro calibrador y se pueda controlar la apertura del transductor. Con esta configuración y para este tipo de sensor (o cualquier otro sensor local radial que no sea de tipo LVDT) la calibración de este sensor será 1:1 ya que se registrará el cambio del diámetro del sensor y no la del radio, como sucedería en una calibración 2:1; este dato es importante tenerlo en cuenta al momento que se esté programando el ensayo.

Figura 2-3 Deformación controlada del sensor radial

Paso 3: Ahora se conecta el transductor al canal del ATD correspondiente, tanto los terminales del transductor como los del ATD están marcados para facilitar la identificación: ambos terminales tienen amarra-cables del mismo color y están identificados cada uno con el canal al que pertenece el transductor.

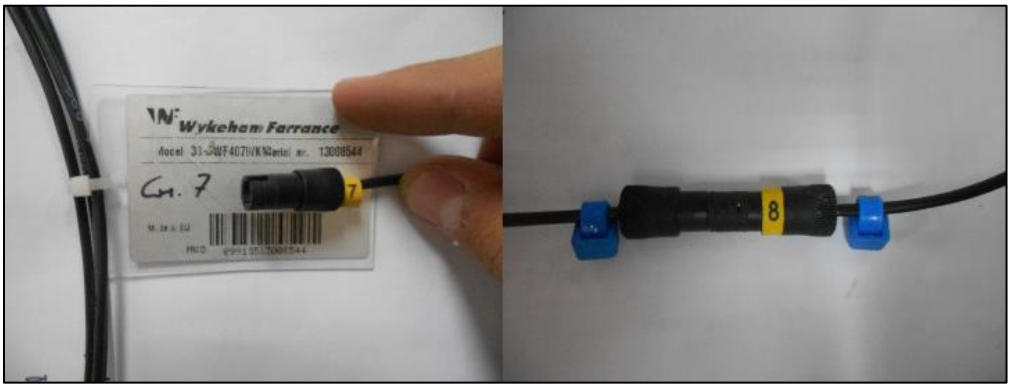


Figura 2-4 Conexión sensor local - ATD

Paso 4: Luego de esto se procede a encender el ATD, se accede a su software y se conecta:

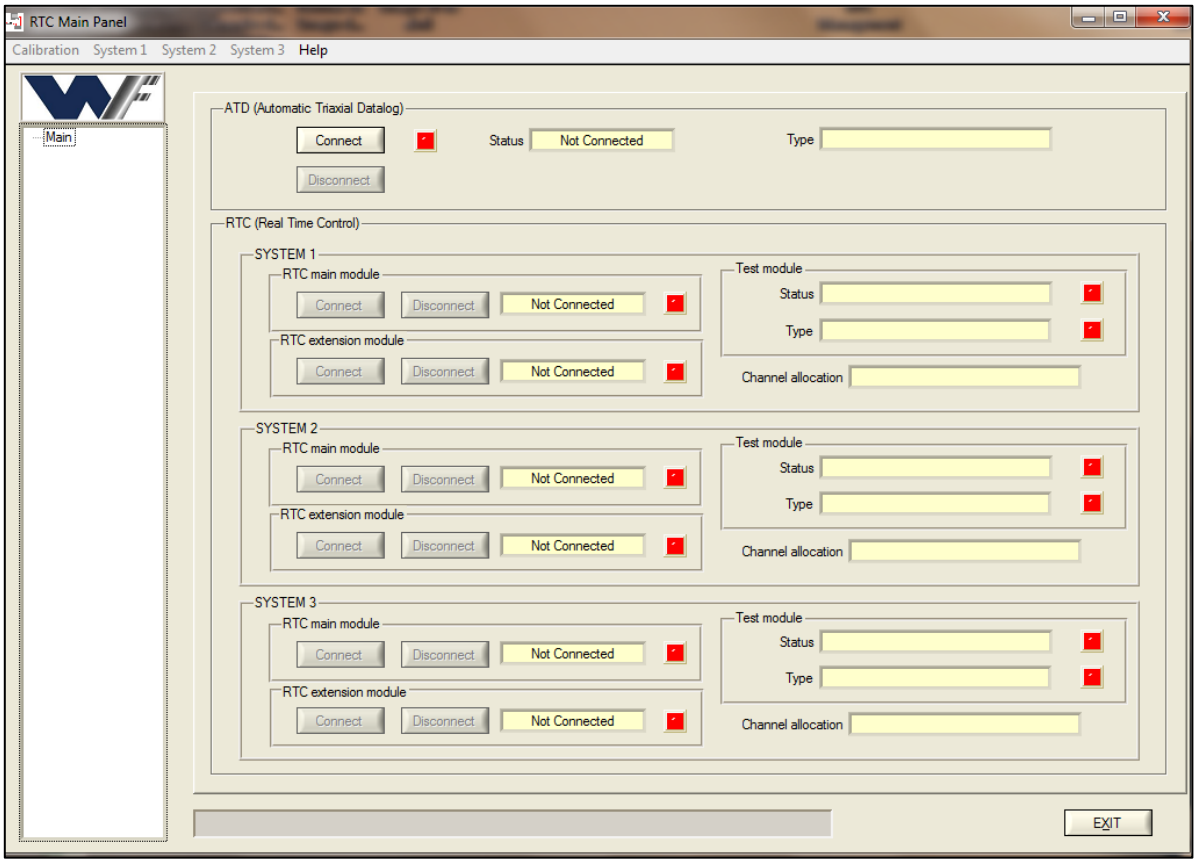


Figura 2-5 Encendido de software de ATD y conexión ATD

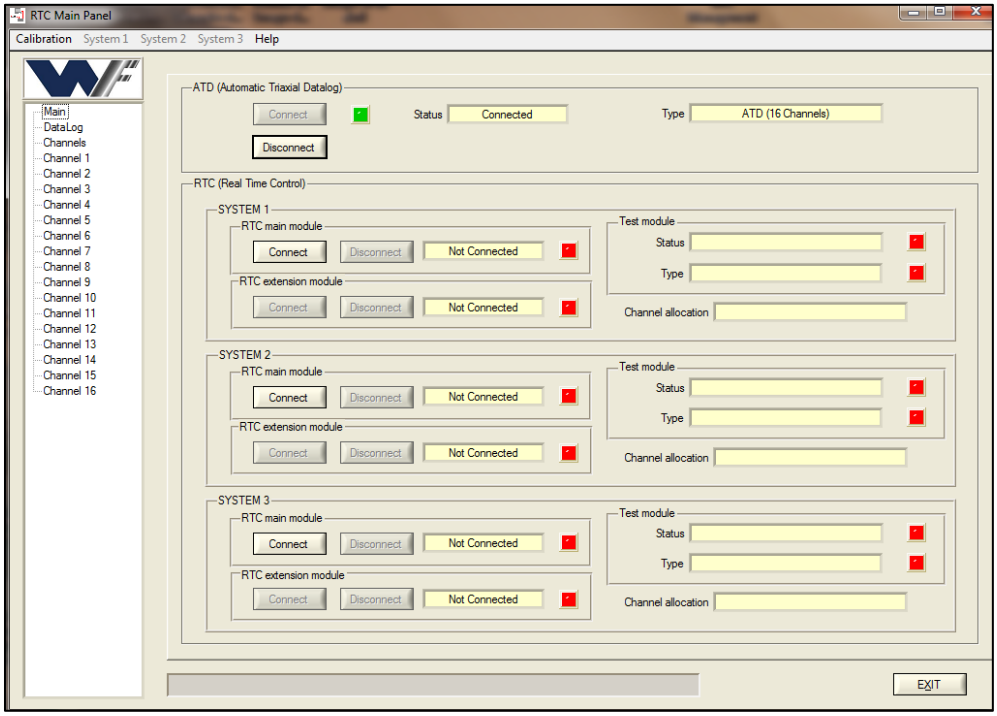


Figura 2-6 Encendido de software de ATD y conexión ATD

Paso 5: Luego se dirige al canal del transductor para iniciar con la calibración, si no se conoce el canal al cual pertenece el transductor se hace clic sobre 'channels' y se verifica el canal.

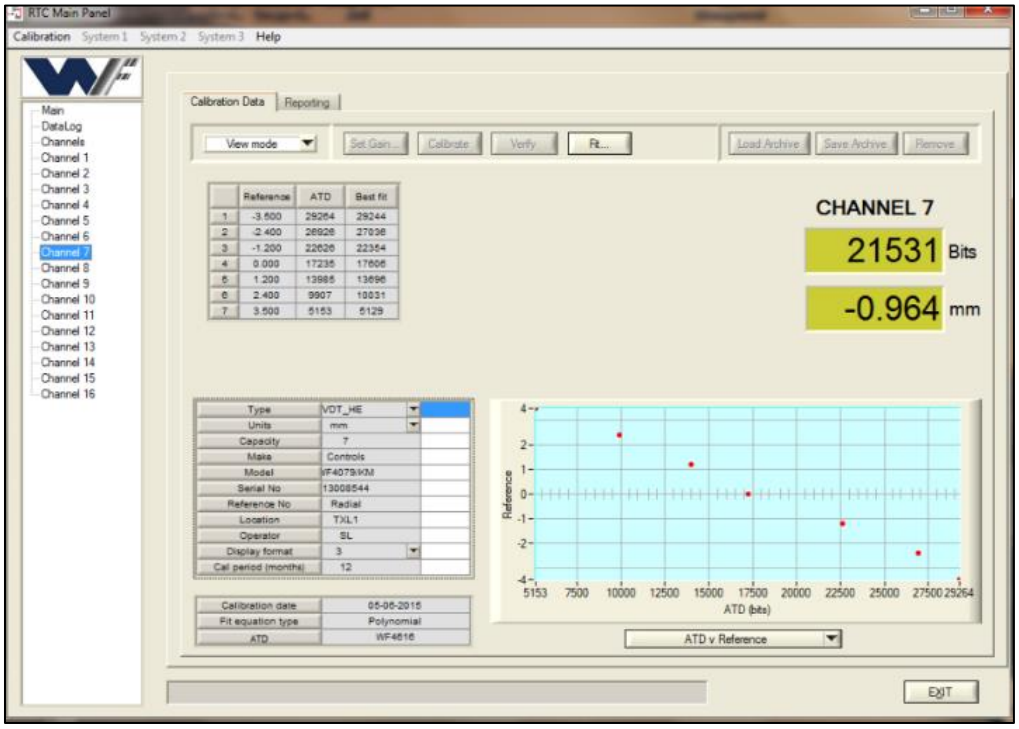


Figura 2-7 Ubicación en el canal correspondiente

Paso 6: Si se quiere realizar una nueva calibración, el transductor no debe estar asignado al sistema triaxial, ya que de lo contrario se sobrescribirá la nueva calibración sobre la calibración vieja y la información de verificación será borrada. Si se quiere realizar la nueva calibración sin sobrescribir la de la calibración anterior se debe desasignar el transductor de la siguiente manera:

Se conecta el RTC del sistema triaxial:

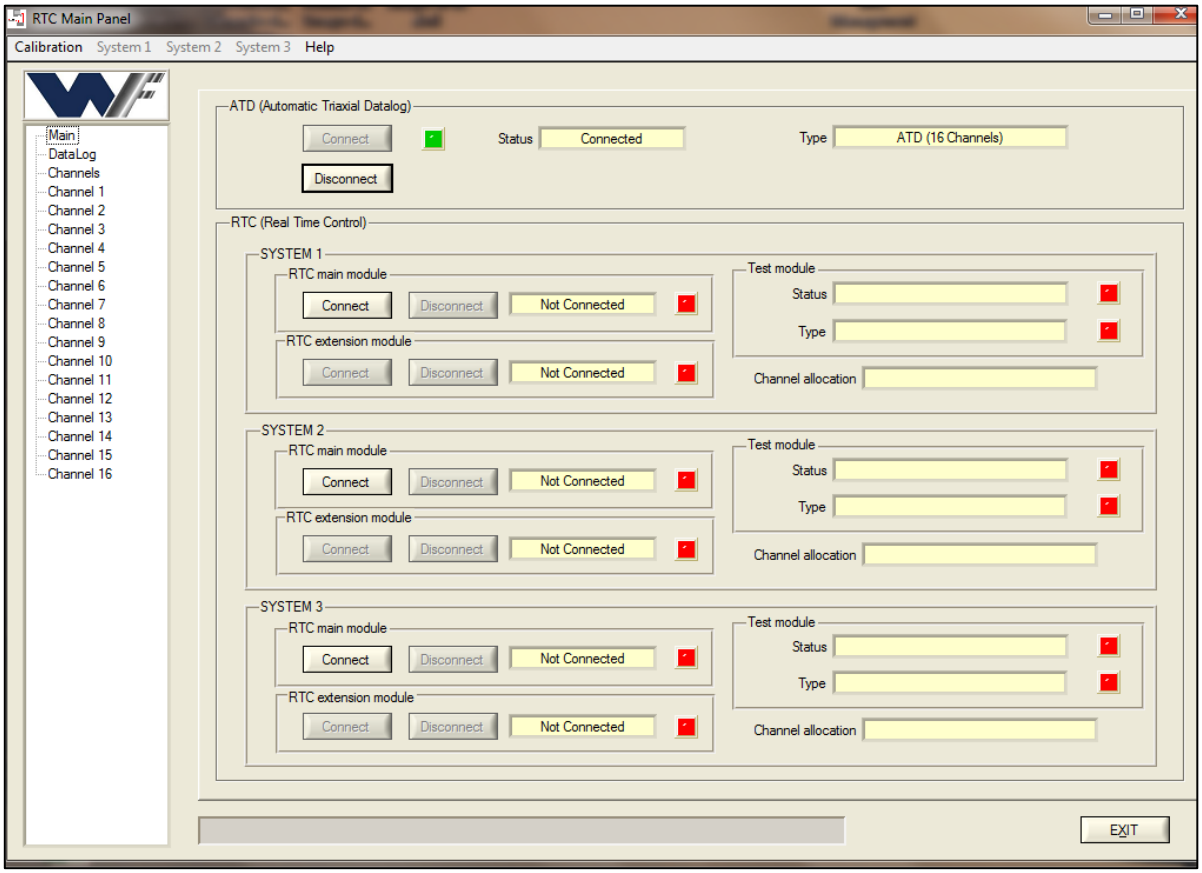


Figura 2-8 Conexión RTC

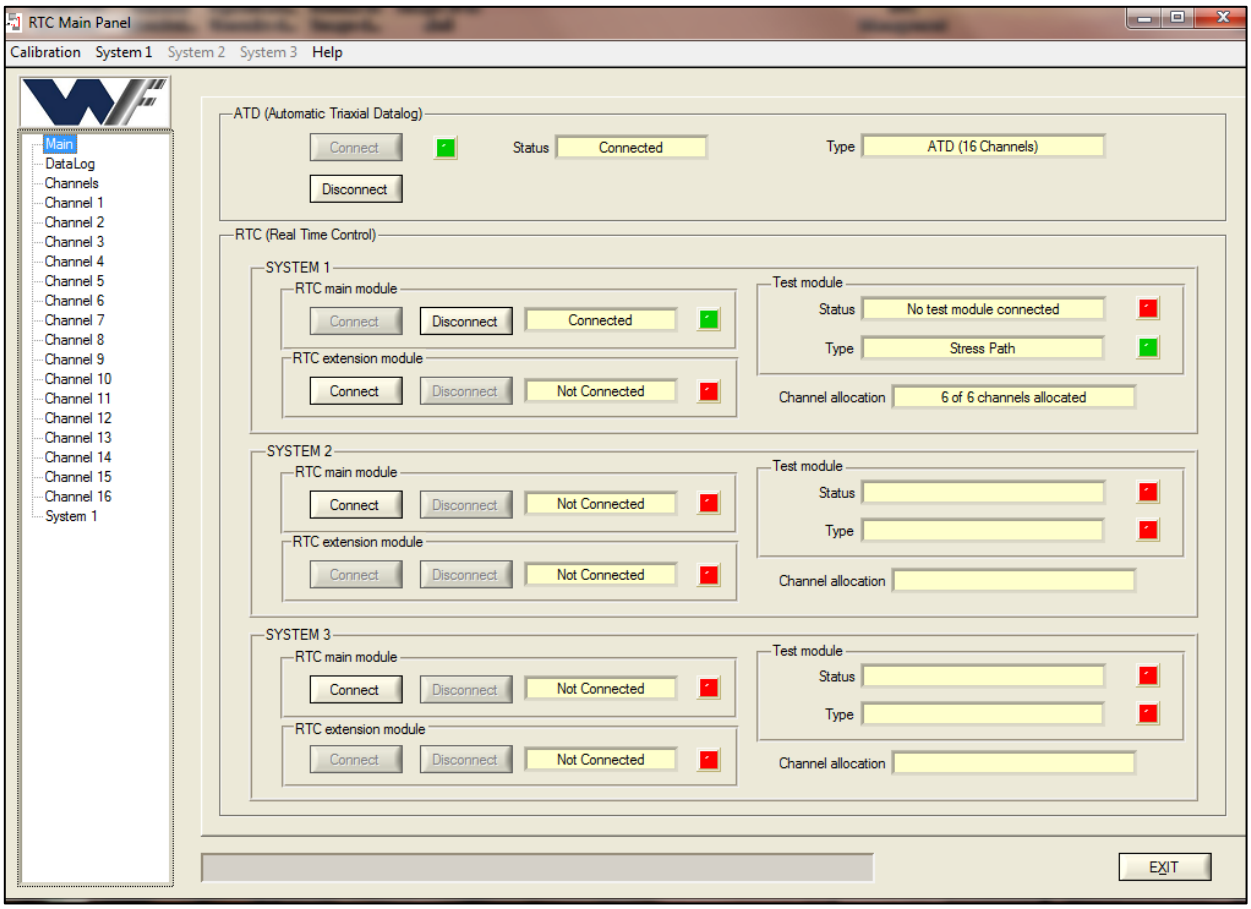


Figura 2-9 Conexión RTC

Se selecciona ‘system 1’ (u el correspondiente si se tiene más de un sistema triaxial operando) y luego se selecciona ‘optional channels’:

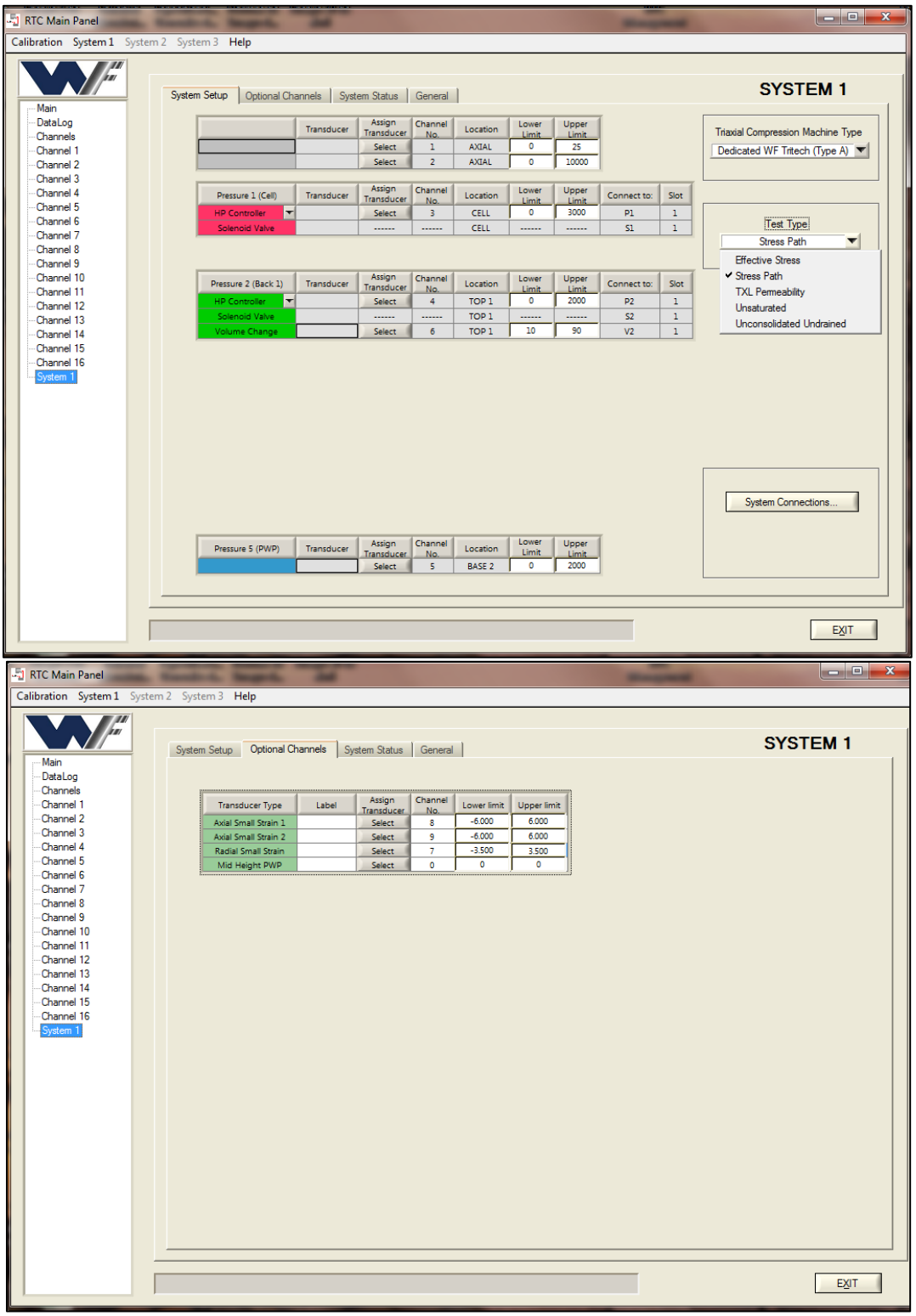


Figura 2-10 Panel del System 1

A lo cual sigue dar clic en 'select' del transductor del cual se quiere realizar la calibración, luego aparecerá una venta sobre la cual se le deberá dar 'Select' el sensor y posteriormente 'OK'. Luego se vuelve al canal correspondiente al transductor y se continúa con la calibración.

Paso 7: Inicialmente aparecerá el modo de 'view mode' que solo permite ver la calibración en uso, la lectura en bits y la lectura medida por el transductor; para hacer una nueva calibración se da clic sobre el recuadro de 'view mode' y se cambia por 'edit mode'.

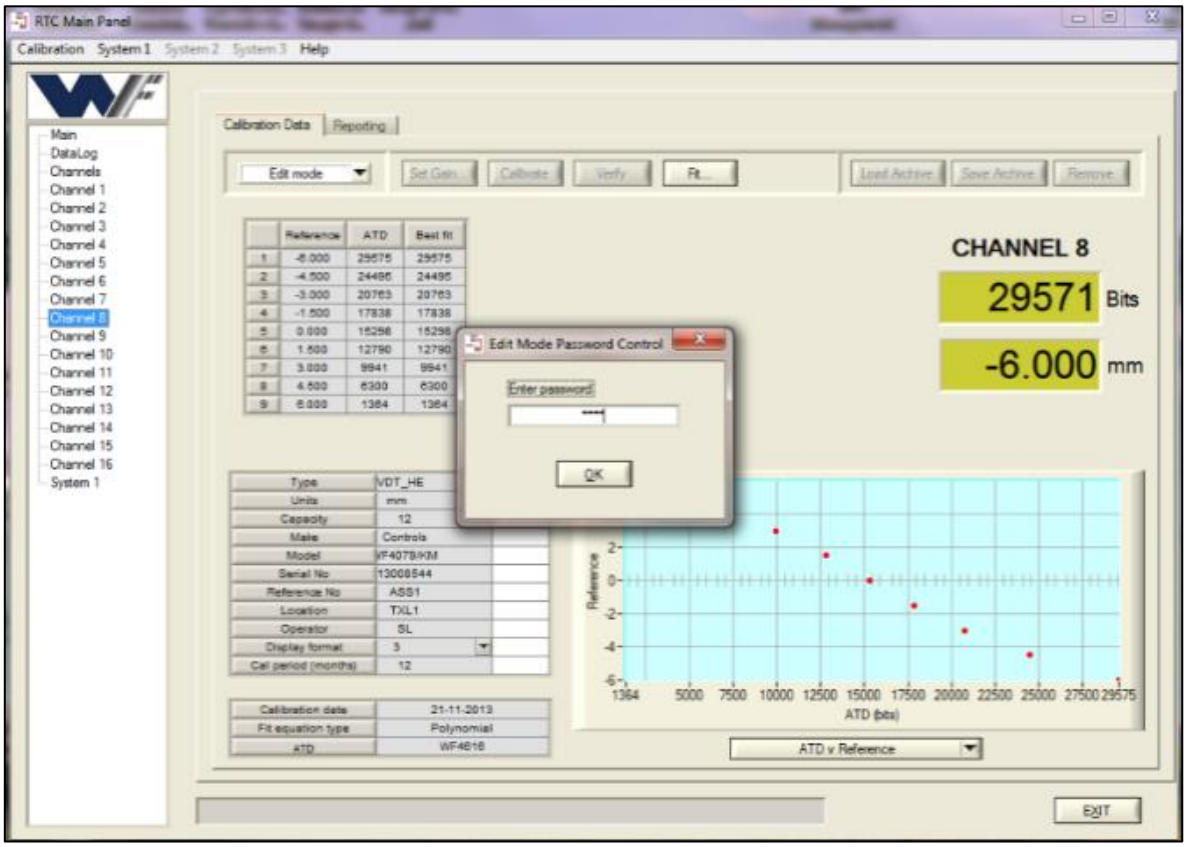


Figura 2-11 Ingreso de contraseña

Entonces aparecerá un recuadro que pedirá una contraseña para poder hacer un cambio en la calibración; por defecto la contraseña es 1234, pero si se desea cambiar la contraseña se da clic en 'Calibration' y luego en 'password':

Figura 2-12 Procedimiento para cambio de contraseña

Entonces aparecerá el siguiente recuadro:

Figura 2-13 Panel para cambio de contraseña

En la primer celda se escribe la contraseña actual (que como se indicó anteriormente es 1234 por defecto), en la segunda celda se escribe la nueva contraseña y se confirma la nueva contraseña en la tercer celda. Por último se da en 'OK' para guardar la nueva contraseña.

Paso 8: Ahora que se puede editar Se procede primero a colocar la información respectiva de la calibración en los detalles del transductor:

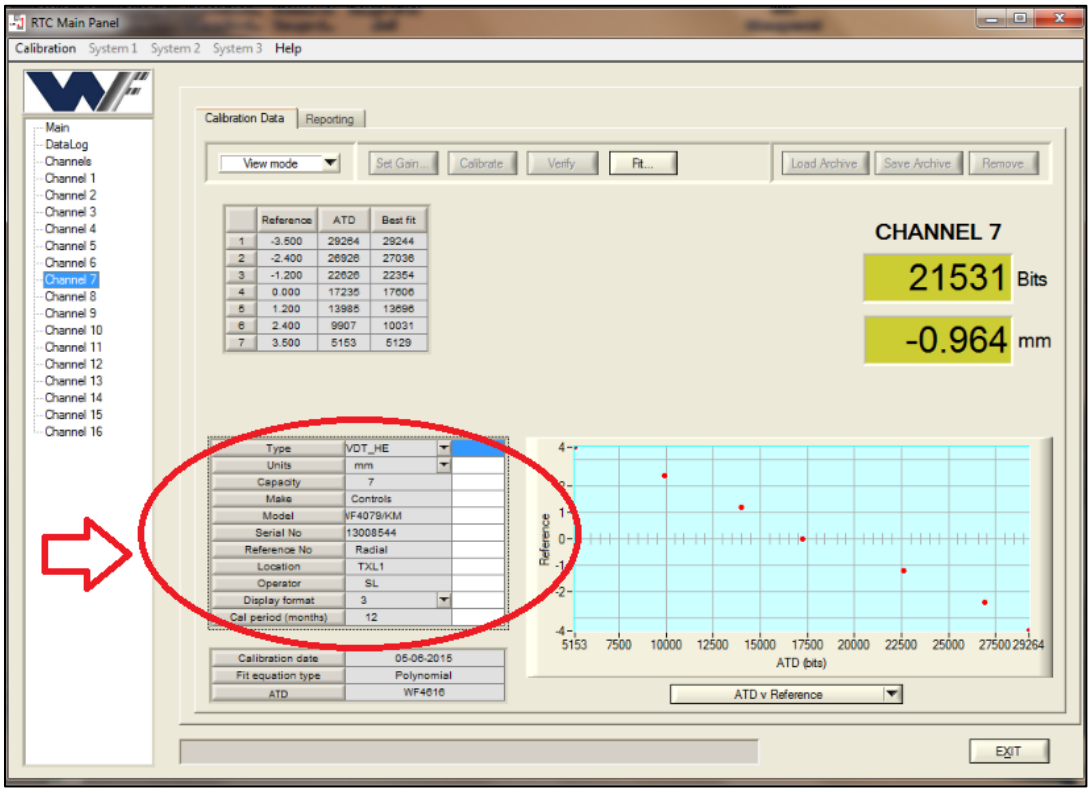


Figura 2-14 Panel de información de calibración

En orden descendente se llena la información de la siguiente manera:

- Tipo de transductor: al dar clic sobre la flecha se desplegará las opciones con que cuenta el equipo.
- Unidades: son las cuales el transductor tomará las medidas.
- Capacidad máxima: debe estar en las unidades escogidas anteriormente.
- Fabricante.
- Número del modelo.
- Número de serie del transductor.
- Número de laboratorio o nombre del transductor (si se tiene).
- Localización del transductor dentro del laboratorio.
- Nombre o iniciales de la persona quien está llevando a cabo la calibración.
- Número de decimales de las unidades seleccionadas anteriormente (esto es a través de las opciones que da el software cuando se da clic sobre la flecha).
- Número de meses antes de la próxima calibración (aunque esto depende del tipo de transductor, normatividad a la que está sujeta el laboratorio y demanda de trabajo, se recomienda que sea realizada por lo menos una vez al año).

Nota: toda información colocada en detalles del transductor que sea escrita no debe tener espacios entre palabras, pero si se quiere separar las palabras se puede utilizar 'barra al piso' para hacerlo.

Paso 9: Continuando con el procedimiento de calibración del sensor local, se da clic sobre 'set gain…':

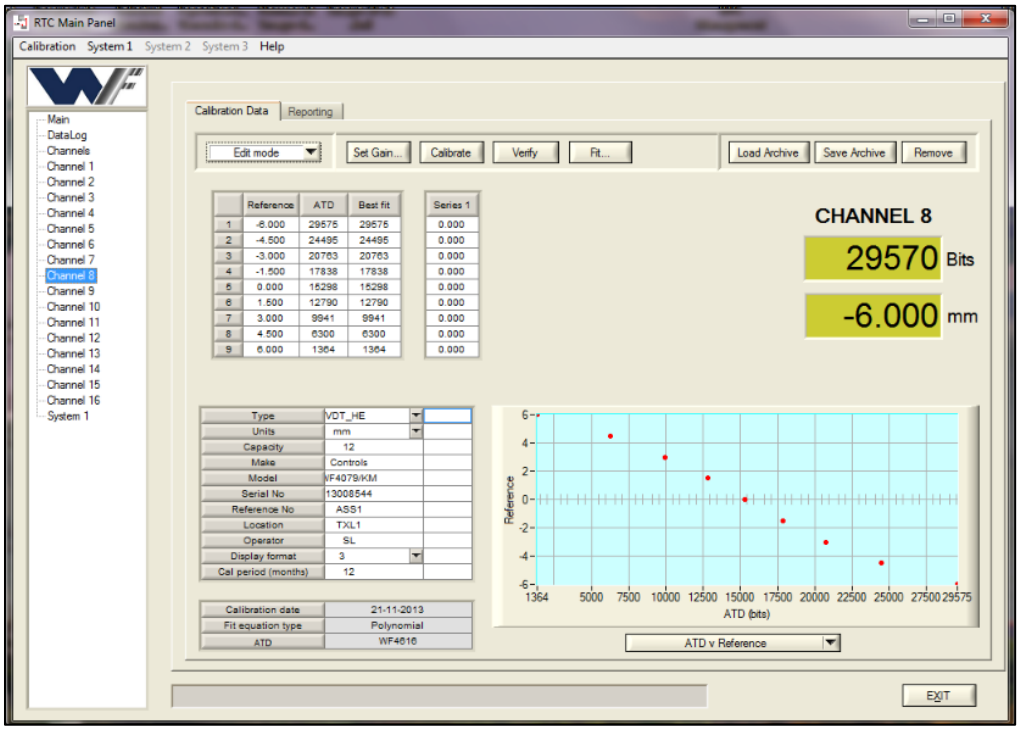


Figura 2-15 Panel de calibración

A lo cual saldrá un recuadro como el siguiente:

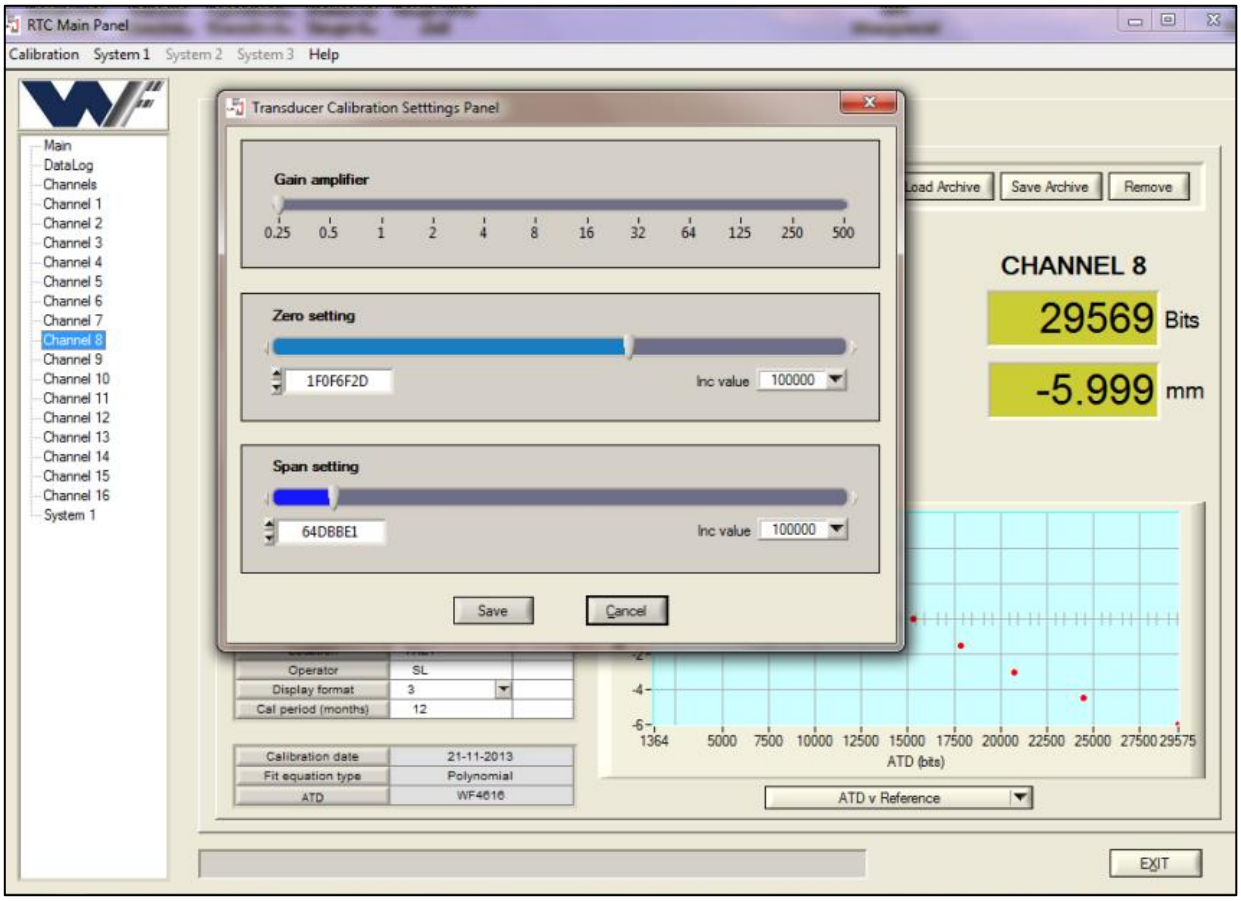


Figura 2-16 Panel de ajuste de calibración

Paso 10: El primer paso es ajustar el 'Gain amplifier' para lo cual se busca el valor respectivo con el tipo de elemento que se va a calibrar como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2-1 Ajuste amplificador de ganancia

Tipo de transductor	Capacidad	Número de parte	Sensitividad (mV/V)	Ajuste amplificador de ganancia
Desplazamiento linear	25 mm	30-WF6208	1000	0,25
	50 mm	30-WF6209		
	100 mm	30-WF6210		
LVDT "Sobre la muestra"	± 5 mm		10 V f.s.	0,25
Celda de carga interna	1 kN	28-WF6351	2	64
	5 kN	28-WF6353		
	10 kN	28-WF6355		
	25 kN	28-WF6356		
Presión	1000 kPa	28-WF6300 -ESI	10	16
	2000 kPa	28-WF6301-ESI		
	3500 kPa	28-WF6302 GEFRAN	3	64
Cambio de volumen automático	100 cc	29-WF4412	1000	0,25

Paso 11: Ahora se coloca el transductor en su posición 'cero' es decir en su forma no deformada, luego que comienza a mover el cursor de 'zero setting' hasta que se registre una lectura en bits de entre 500 y 1500, el cursor se puede mover directamente o aumentando-disminuyendo el número en sistema hexadecimal (ajustando el incremento) que aparece debajo del cursor.

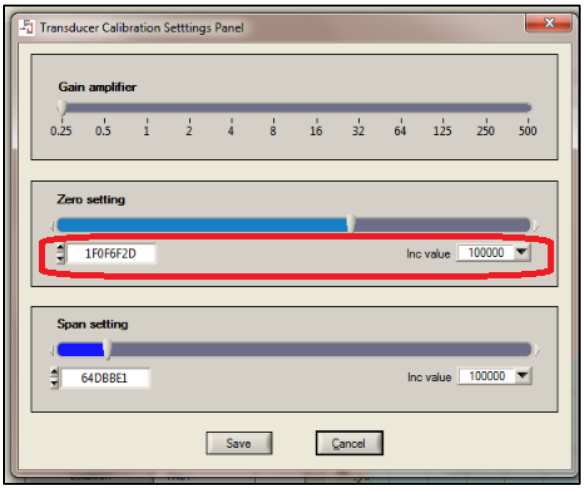


Figura 2-17 Panel de ajustes de calibración

Nota: Mover el cursor hacia la izquierda hará disminuir el valor, mientras que llevarlo hacia la derecha ocasionará un aumento en su valor.

Paso 12: Luego de que se ha realizado el paso anterior se procede a llevar al transductor a su límite superior de deformación (sin dañarlo), y se ajusta la posición del cursor de 'span setting' de la misma forma que se hizo con el cursor de 'zero setting' hasta que se registre una lectura de 29000 y 31000 bits.

Se revisa que cuando el transductor sea regresado a su posición no deformada se mida un número de bits en el rango de 500 y 1500, de lo contrario se vuelve a mover el cursor de 'zero setting' de tal forma que la lectura quede en el rango correspondiente.

Paso 13: Se salva este proceso y se cierra el panel.

Paso 14: Se da clic sobre 'calibrate', a lo cual aparecerá un recuadro donde el operador colocará el número de puntos con los cuales desea hacer la calibración, se puede escoger entre 2 y 11 puntos (a mayor número de puntos se podrá lograr un mejor ajuste más adelante) se escoge y se da 'OK'.

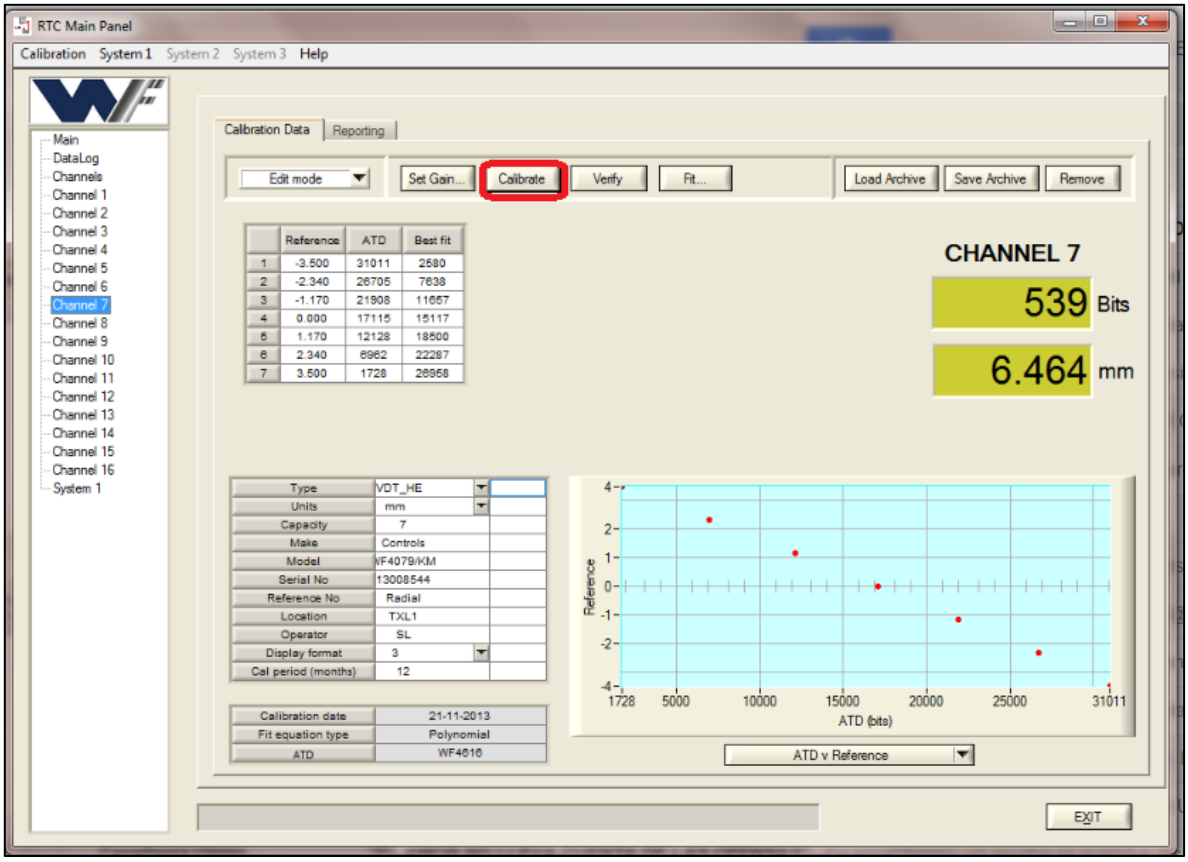


Figura 2-18 Elección número de puntos para calibración

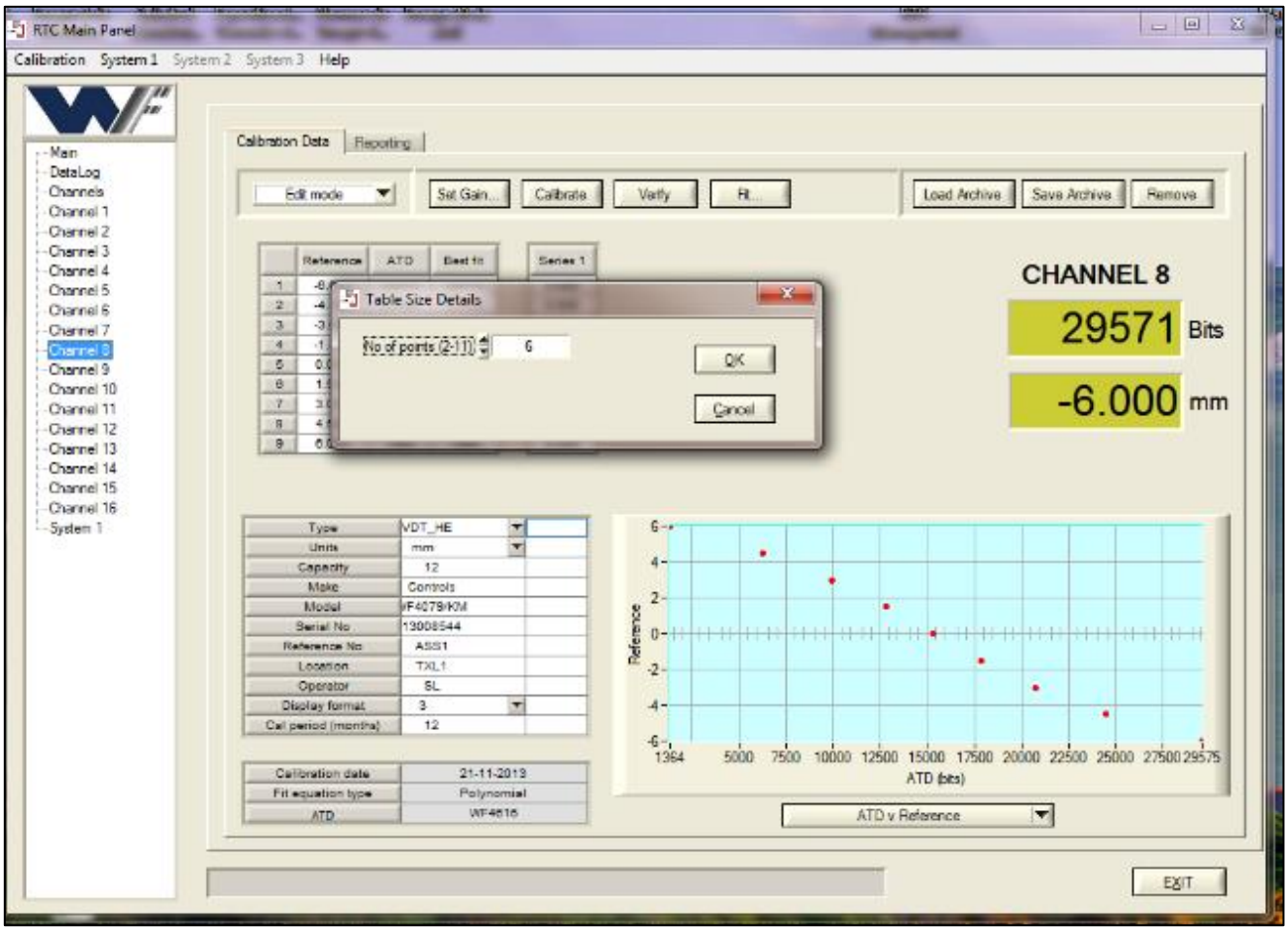


Figura 2-19 Elección número de puntos para calibración

Paso 15: Luego aparecerá un recuadro para comenzar con la calibración:

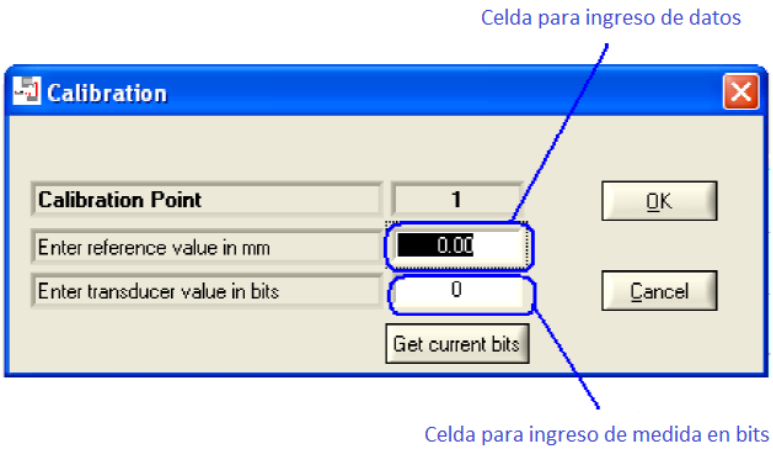


Figura 2-20 Panel de ingreso de información de calibración

- En el primer recuadro aparecerá el número del punto.
- En el segundo recuadro, se coloca un valor inicial en mm de la apertura a la cual está el transductor; el valor inicial es un valor cualquiera, los valores de los siguientes puntos se obtienen restando al valor inicial escogido la reducción de apertura que impone y mide el micrómetro de calibración; es necesario que el primer punto sea tomado para el punto en el cual la apertura del sensor es máxima, es decir que la lectura en bits este cerca al rango máximo de calibración 29000-31000 bits. Si se quiere hacer verificación(es) posterior(es) de la calibración debe tenerse en cuenta que las aperturas del sensor con que se haga la calibración deberán ser las mismas cuando se haga(n) la(s) verificación(es).
- El tercer recuadro, será la representación de la apertura del sensor pero en valores de bits. Esta medida se puede copiar manualmente del recuadro del panel de calibración o simplemente oprimiendo sobre el botón 'Get current bits' para que se copie automáticamente.

Cuando se han colocado los valores del primer punto en los dos recuadros se oprime 'OK' para continuar con la adquisición de los datos de los siguientes puntos, que simplemente es repetir el proceso de obtención de información del primer punto; si se oprime 'cancel' en cualquier momento de la calibración no será guardado los valores de los puntos tomados hasta ese momento y se reiniciará el procedimiento de adquisición de información.

Paso 16: Cuando se ha finalizado esta recolección de información aparecerá un recuadro en el cual se escogerá el tipo de ajuste que se desee dependiendo de la tendencia de los puntos:

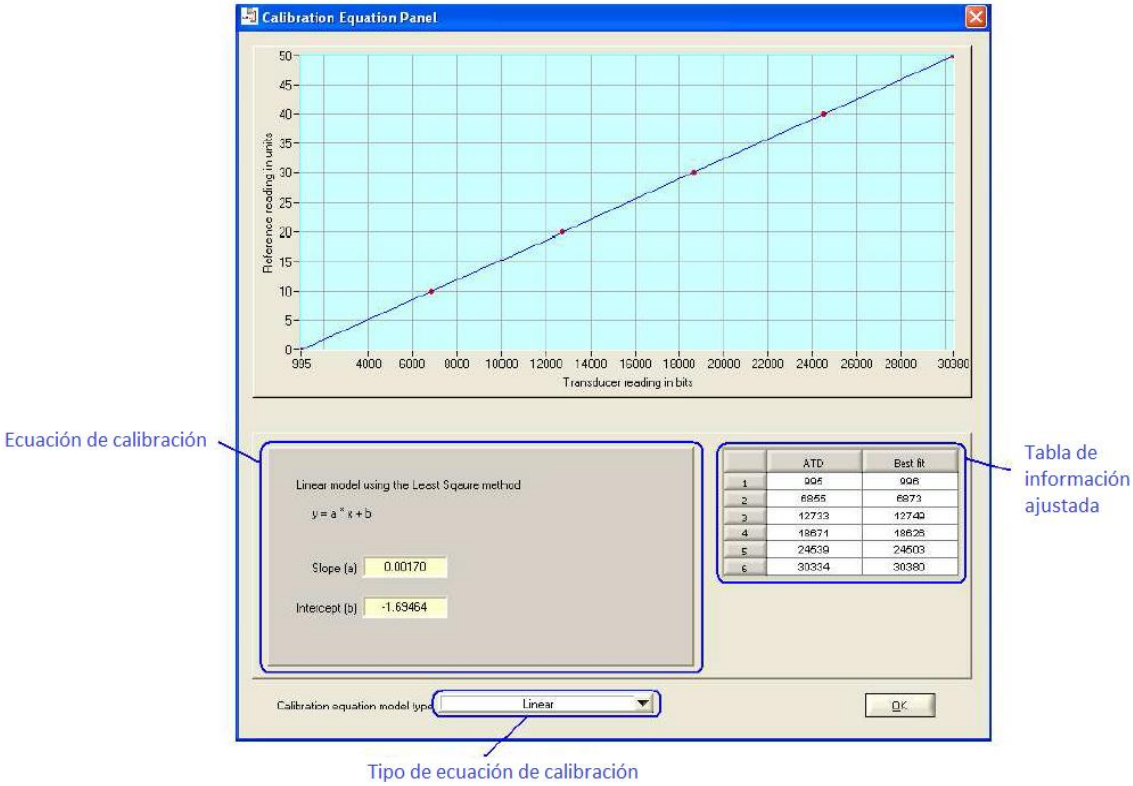


Figura 2-21 Ajuste de gráfica de calibración linear

Una opción es que los datos se ajusten a una gráfica lineal, por lo cual los parámetros de la ecuación de calibración serán la pendiente y el intercepto con el eje de las ordenadas.

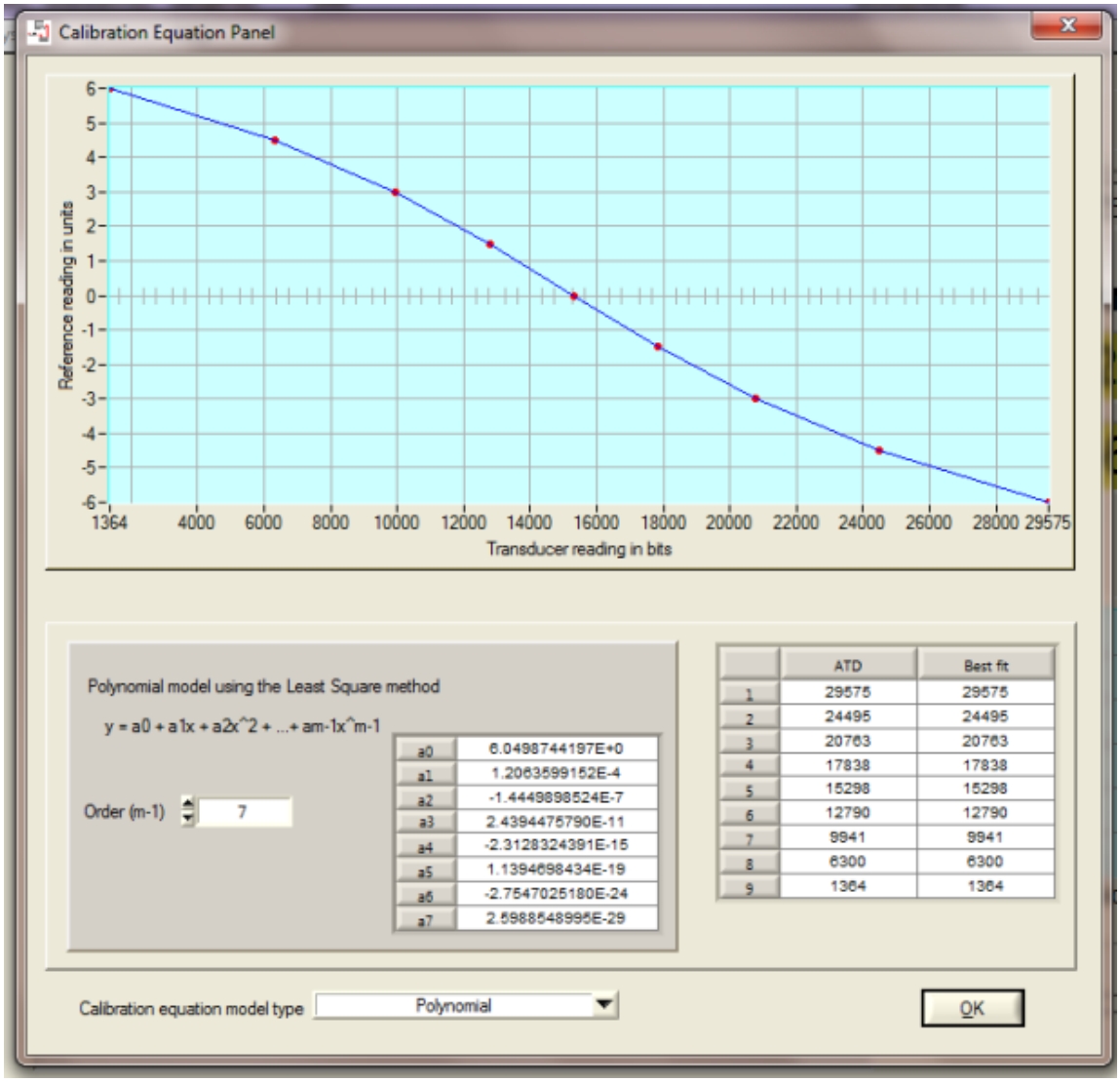


Figura 2-22 Ajuste de gráfica de calibración polinómica

La opción es una gráfica polinómica, de la cual se puede escoger el orden del polinomio, lógicamente entre mayor sea el grado mejor ajuste tendrá la gráfica a los puntos, pero un orden muy alto puede llevar a problemas con la calibración y con la conversión bits-medidas de referencia, por lo cual no se recomienda que el orden sea demasiado alto, un polinomio de orden 4 o 5 generalmente basta.

Luego de que se ha escogido el tipo de ecuación que mejor se ajusta a la tendencia de los datos se da 'OK', el recuadro se cierra y aparecerá otro preguntándole si desea guardar la calibración, si da clic sobre 'Yes' la calibración será guardada, pero si da clic sobre 'No' la calibración será borrada y el procedimiento de calibración será reiniciado.

Paso 17: Si se quiere verificar la calibración se oprime el botón 'Verify', de otra forma la calibración está completa.

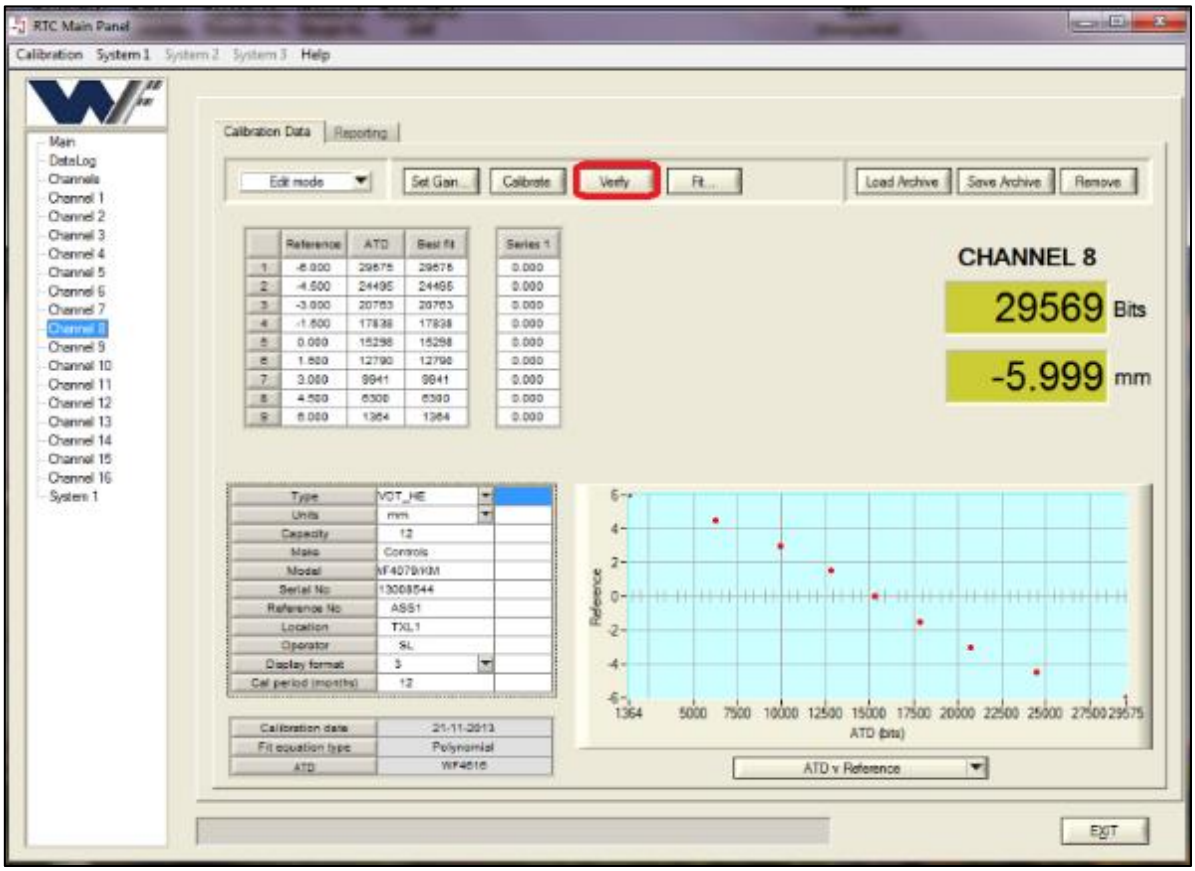


Figura 2-23 Verificación de la calibración

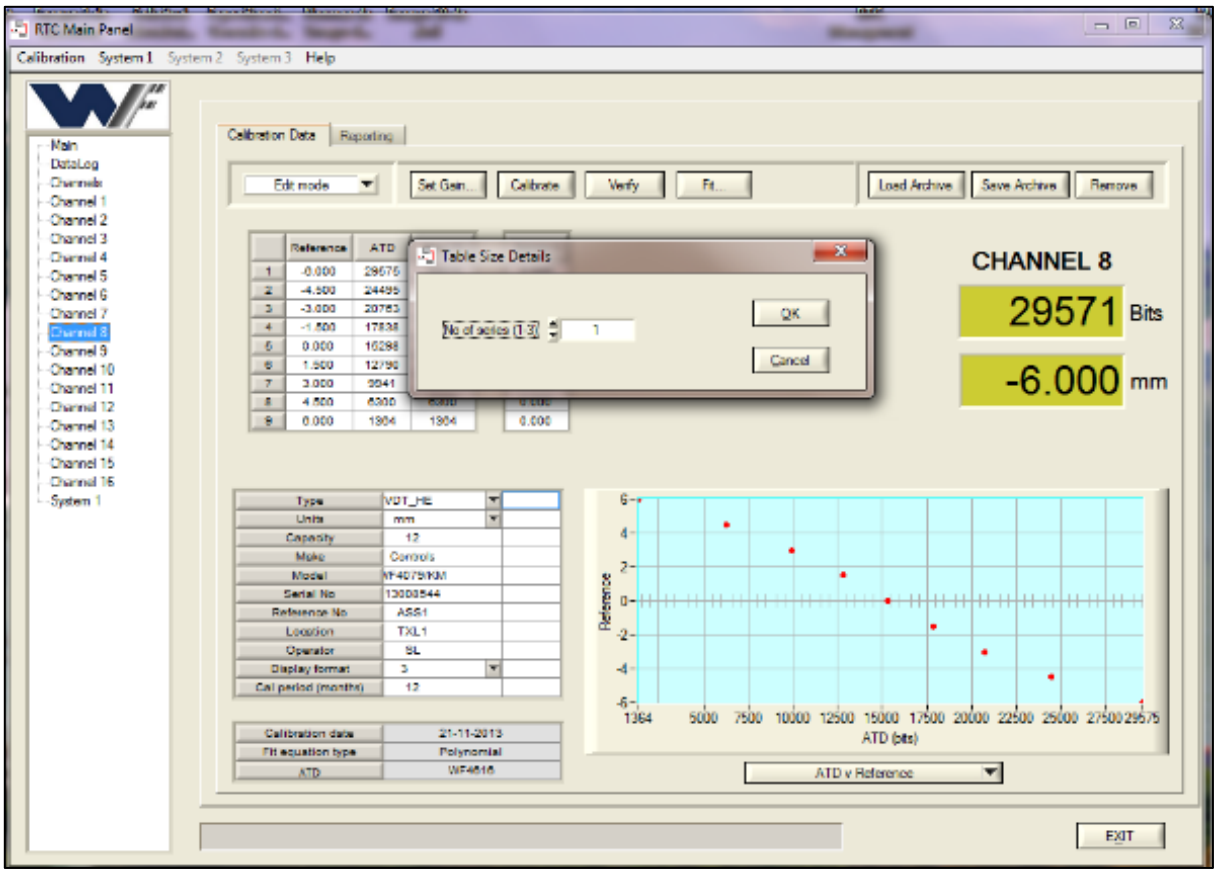


Figura 2-24 Verificación de la calibración

Se pueden hacer entre una (1) y tres (3) verificaciones la cuales ayudan a reducir el error por toma de datos y mejorar la calibración. Si más de una serie es hecha, el error (q) y la respetabilidad (b) del transductor serán calculadas de un promedio de valores de cada punto de verificación).Después de que se ha escogido el número de verificaciones aparecerá un recuadro como el que sigue:

Figura 2-25 Cuadro de ingreso de información de verificación

De forma tal que para cada punto el recuadro mostrará el número del punto de calibración y el valor de referencia de la apertura del sensor en mm, el operador deberá entonces graduar el micrómetro de calibración en una posición tal que asegure la misma apertura con la cual se calibro el mismo punto anteriormente, leerá la medida que le da el visualizador de la lectura del transductor en el panel principal de calibración y digitará dicha lectura en el tercer recuadro. Cuando se haya finalizado cada punto de verificación se oprimirá sobre 'OK'; si se oprime 'Cancel' en cualquier momento de la verificación, esta será cancelada y se podrá re-iniciar el proceso de verificación.

Cuando se haya terminado con todos los puntos de las verificaciones escogidas el software preguntará si se quiere guardar la verificación, si se oprime 'Yes' la verificación y la calibración habrán acabado; pero si se oprime 'No' la verificación será cancelada y podrá ser re-iniciada.

En este punto se puede cambiar el tipo de gráfica y/o el orden de una gráfica polinómica con solo dar clic sobre 'Fit', a lo cual reaparecerá el recuadro 'Calibration equation panel':

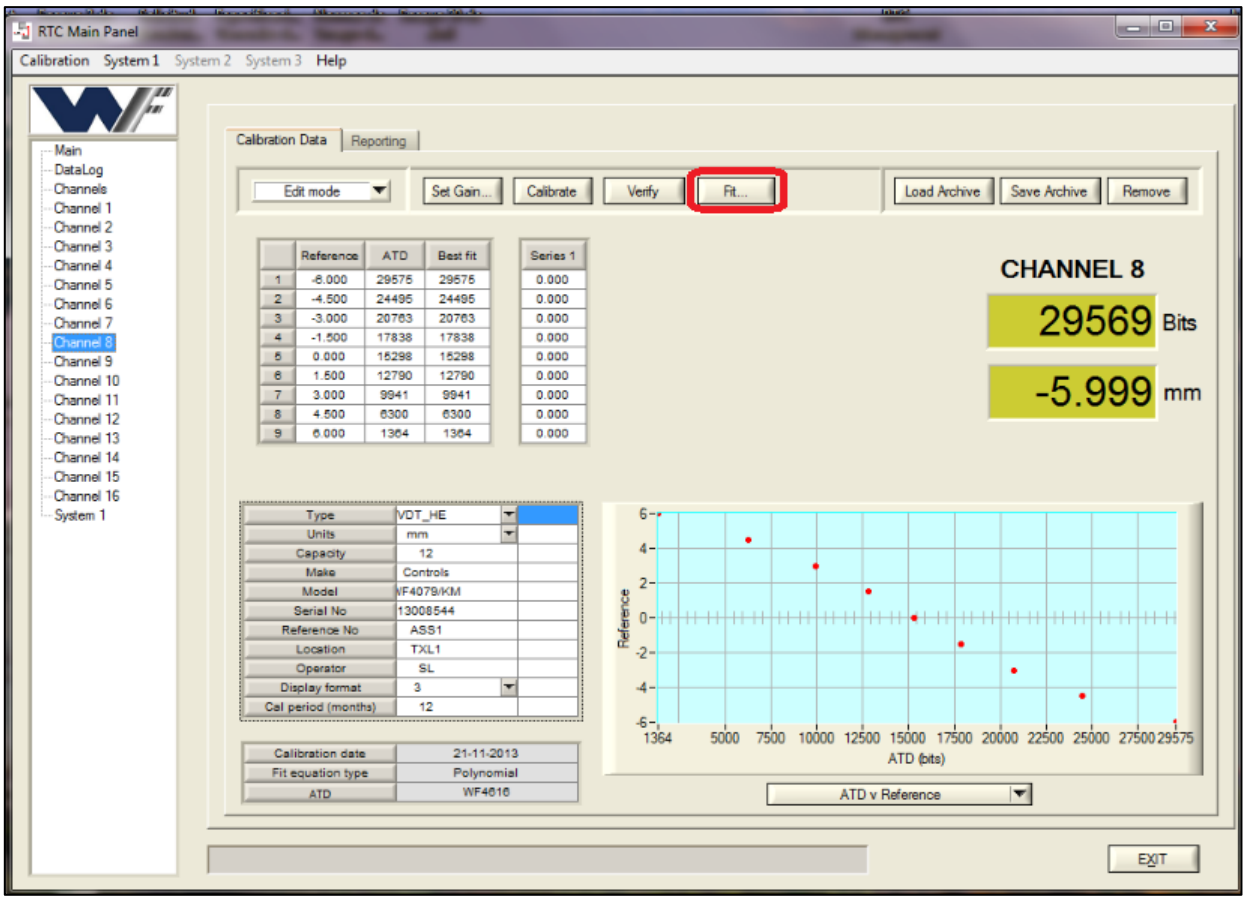


Figura 2-26 Botón de ajuste de gráfica de calibración

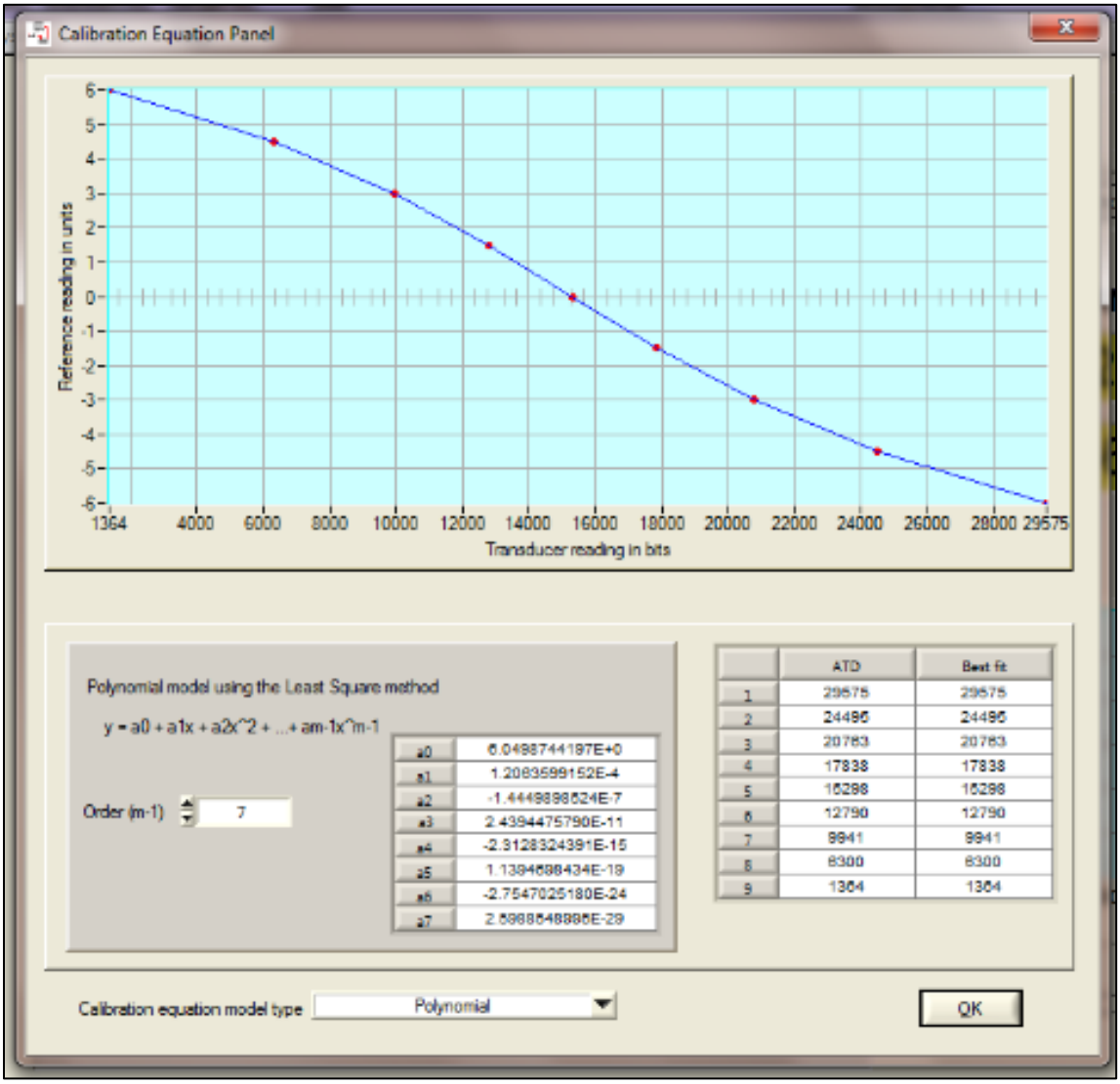


Figura 2-27 Botón de ajuste de gráfica de calibración

Paso 18: Al finalizar la calibración se oprime 'Save archive' para guardar la calibración, a lo que aparecerá un recuadro para que se especifique la carpeta de destino, si no se tiene una carpeta en particular el software guardará la calibración en la carpeta que tiene por defecto.

La opción 'Load archive' permite cargar una calibración ya guardada, teniendo en cuenta que el transductor debe estar desasignado para realizar dicha procedimiento.

Por último, con la opción 'Remove' se podrá quitar la calibración.

Paso 19: Si se desasigno un transductor para realizar la calibración del mismo o si el sistema es nuevo y se quiere asignar los sensores locales se sigue el siguiente procedimiento:

- Se dirige al sistema triaxial correspondiente.
- Luego se da clic en 'optional channels'.

- Se da clic sobre ‘select’ del sensor local correspondiente.

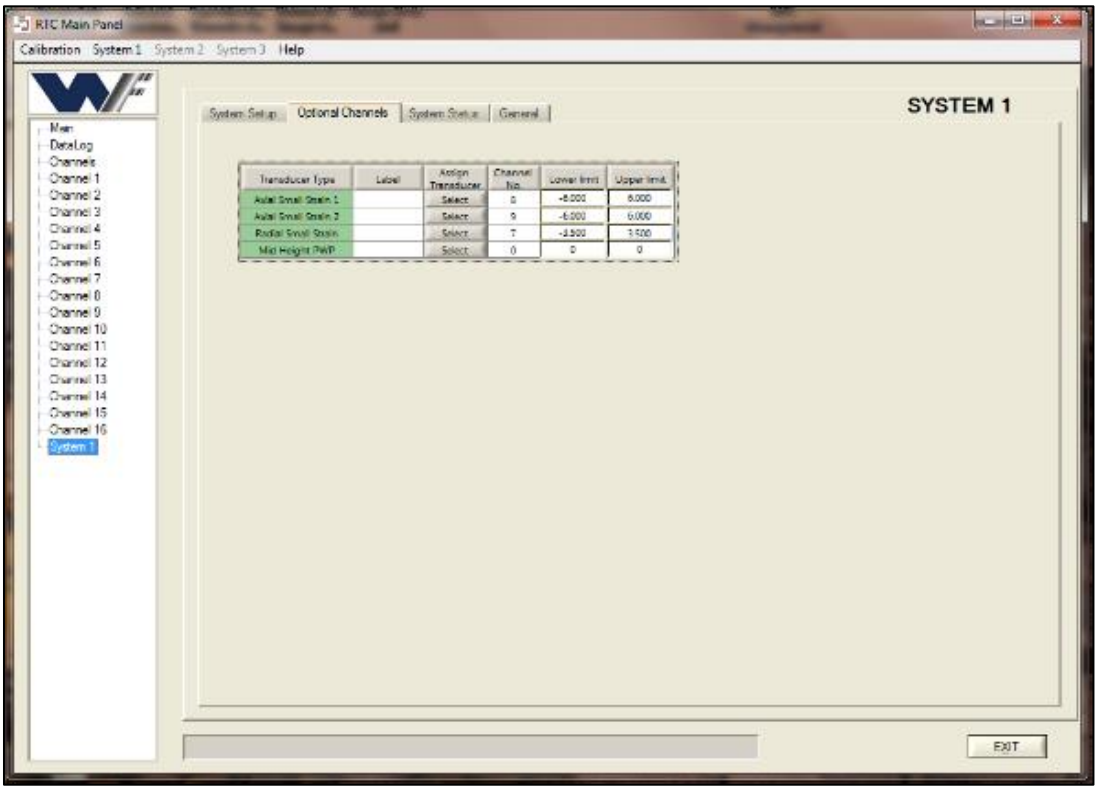


Figura 2-28 Pestaña Optional channels

- Luego aparecerá un recuadro en el cual de nuevo se seleccionará ‘Select’ para el sensor que se desea asignar y luego se da ‘OK’.
- Se colocan los límites superior e inferior del sensor, los cuales pueden ser la capacidad máxima y mínima respectivamente del sensor o simplemente valores que estén dentro de dicho rango.

2.1.2. Calibración de sensor local axial

Para comenzar con la calibración se debe sujetar el sensor local al micrómetro de calibración; la disposición dependerá del tamaño del sensor, a continuación se muestra una forma de ajustar el sensor al micrómetro calibrador:

Figura 2-29 Sensor local axial

Con el montaje que se muestra se aprovecha la imantación que tiene el sensor para que se mantenga adherido al micrómetro calibrador, pero el operador puede utilizar cualquier otra disposición micrómetro – sensor local, que a su parecer sea más práctica y funcional.

Se siguen los mismos pasos de la calibración del sensor local radial del paso 3 al paso 19, solo que hay que tener en cuenta que a diferencia de un sensor local radial puede resultar más complicado saber cuál es el rango en el cual este sensor puede registrar la información, para ello es necesario comparar el rango en bits que se muestra en el panel de calibración versus el rango en el que se está moviendo el sensor local axial.

2.2. Calibración de la celda de carga

Para realizar esta calibración será necesario utilizar los dos elementos que se muestran a continuación:

Figura 2-30 Anillo de carga y cuadros registro Tomada de www.controls-group.com

- El anillo de carga: este elemento posee un deformimetro que registrará la deformación del anillo de acero a medida que se le aplica la carga; se debe tener en cuenta a la hora de escoger un anillo de carga se debe comparar su capacidad con la de la celda de carga para no dañar ninguno de los dos elementos (se recomienda que la capacidad del anillo de carga sea mayor que la de la celda de carga, y que no se supere la capacidad de la celda de carga a la hora de realizar su calibración).
- Cuadros registros: Estos cuadros permiten convertir la deformación medida por el anillo de carga a carga en Newtons para de esta forma registrarla durante la calibración.

Se inicia el proceso de calibración asegurando la celda de carga en el marco de carga:

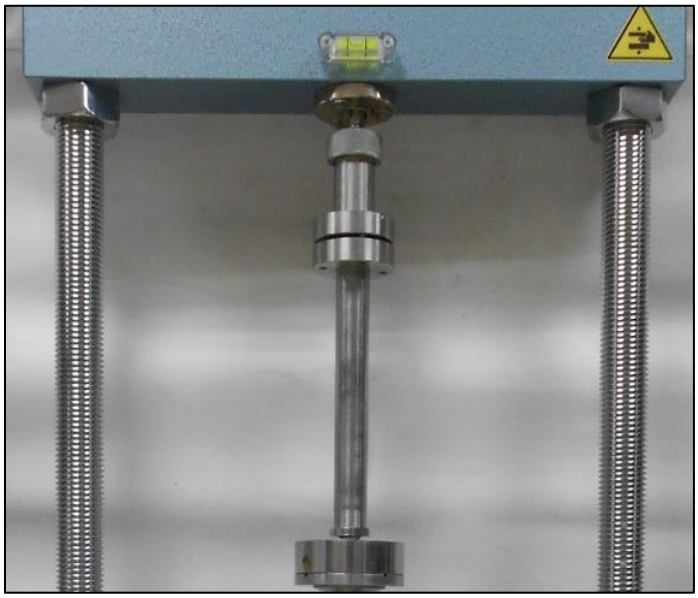


Figura 2-31 Sujeción celda de carga

Ahora se une el anillo de carga a la celda de carga y se coloca en cero el deformimetro del anillo de carga, se debe dejar un espacio entre el anillo de carga y el plato del marco de carga para poder tomar el primer punto (0 N de carga) cuando se comience la calibración.

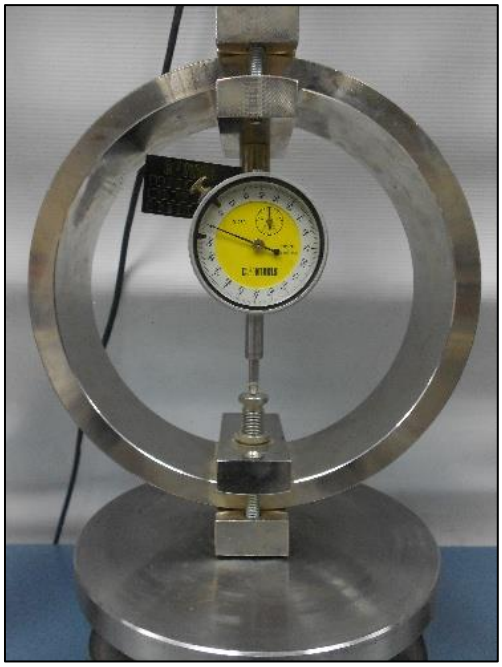


Figura 2-32 Anillo de carga

El montaje final para realizar la calibración debe ser como el que sigue a continuación:

Figura 2-33 Montaje para la calibración de una celda de carga

Se conecta la celda de carga al canal del ATD en el cual se quiere hacer la calibración, se enciende el ATD, se accede a su software y se conecta:

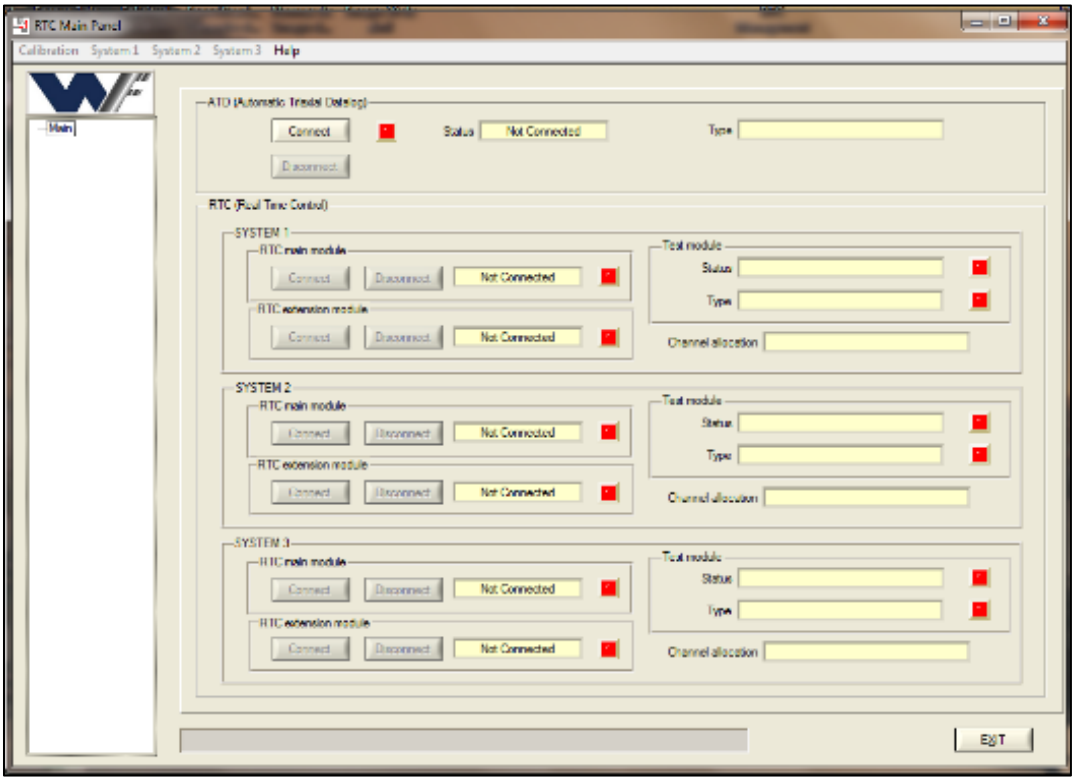


Figura 2-34 Conexión del ATD

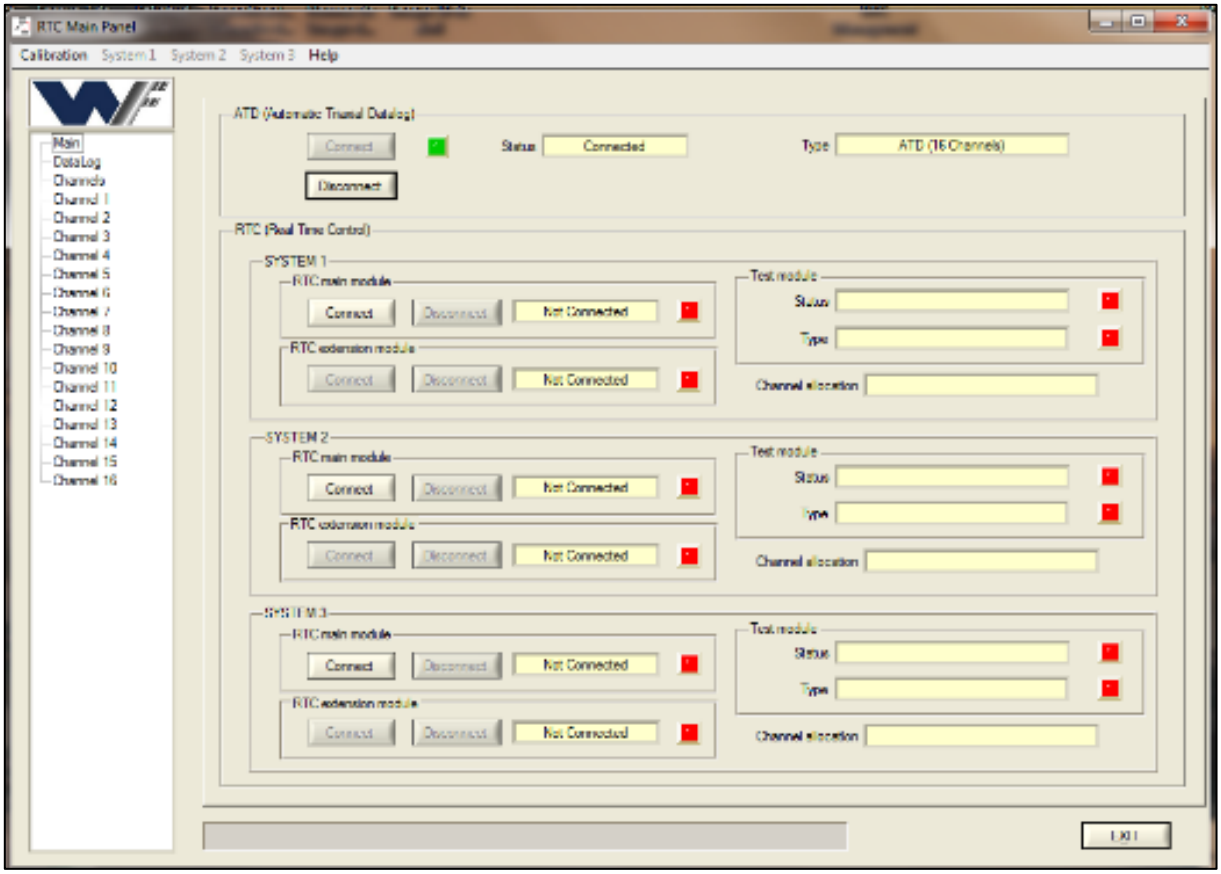


Figura 2-35 Conexión del ATD

Luego se dirige al canal del transductor para iniciar con la calibración, si no se conoce el canal al cual pertenece el transductor se hace clic sobre 'channels' y se verifica el canal.

Si se quiere realizar una nueva calibración, el transductor no debe estar asignado al sistema triaxial, ya que de lo contrario se sobrescribirá la nueva calibración sobre la calibración vieja y la información de verificación será borrada. Si se quiere realizar la nueva calibración sin sobrescribir la de la calibración anterior se debe desasignar el transductor de la siguiente manera:

Se conecta el RTC del sistema triaxial:

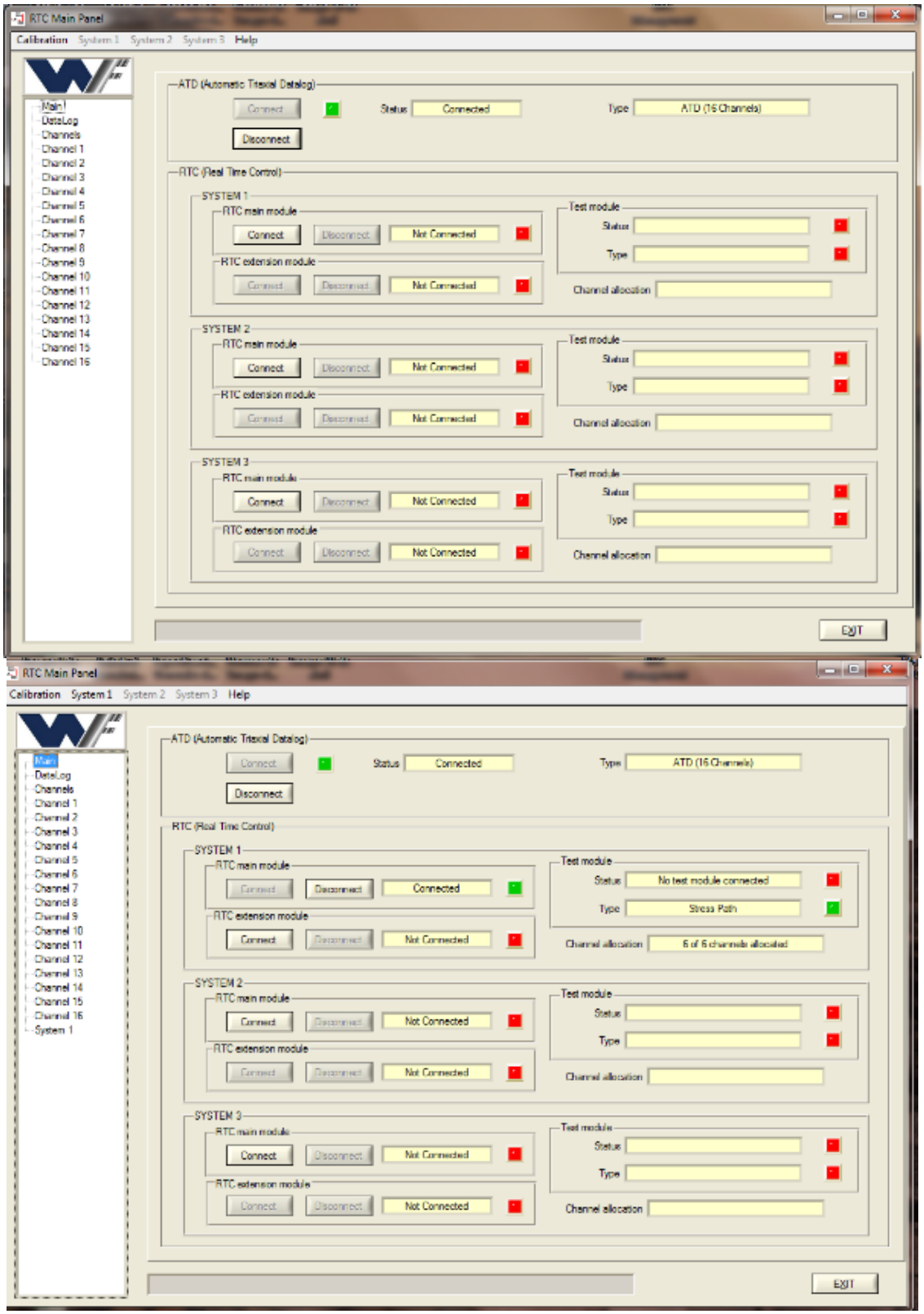


Figura 2-36 Conexión RTC

Se selecciona ‘system 1’ (u el correspondiente si se tiene más de un sistema triaxial operando), se selecciona en ‘Test type’ el tipo de ensayo que se va a ejecutar, y en ‘System 1’ se selecciona ‘Dedicated WF Tritech (Type A)’ que es el tipo de marco de carga que dispone el laboratorio de la universidad.

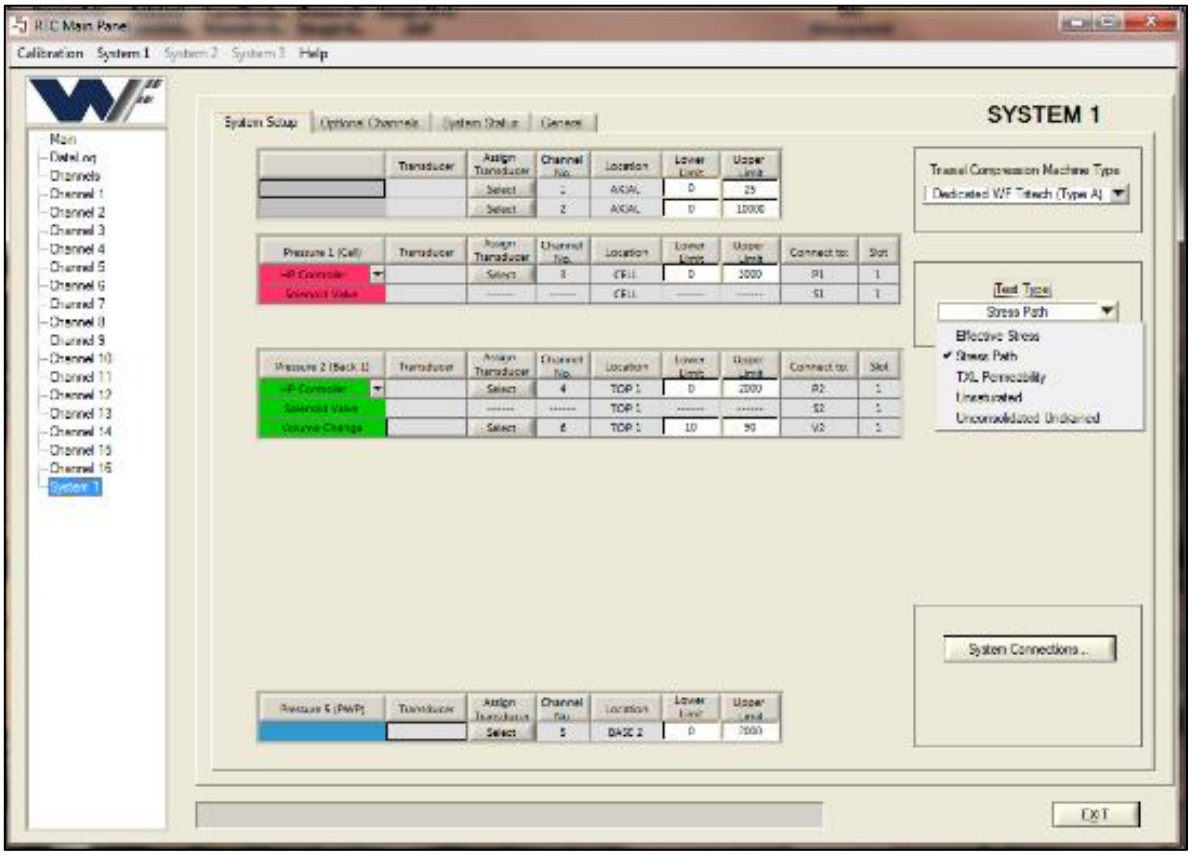


Figura 2-37 Panel system setup

En la columna ‘Assign transducer’ se oprime sobre el botón ‘select’ del transductor de la celda de carga, luego aparecerá una venta sobre la cual se le deberá dar ‘Select’ el sensor y posteriormente ‘OK’. Luego se vuelve al canal correspondiente al transductor y se continúa con la calibración.

Ahora se siguen los pasos de la calibración del sensor local radial del paso 7 al paso 19.

3. Montaje de muestras

3.1. Montaje de muestras de suelo con cohesión.

Antes de considerar el montaje de la muestra se debe tener una información previa:

- Los tres datos para calcular el contenido de humedad de la muestra: masa del recipiente más suelo húmedo, masa del recipiente más suelo seco y la masa del recipiente (esta información debe ser obtenida al momento de construcción/moldeado de la muestra).
- La gravedad especifica de sólidos.

Esta información y otra que se obtendrá durante el montaje de la muestra será solicitada por el software durante la programación del ensayo.

El siguiente procedimiento está hecho para muestras de arcilla o base granulares, las cuales pueden mantener su forma cilíndrica sin ningún tipo de ayuda.

Paso 1: El primer paso es desmontar la cámara triaxial del marco de carga Tritech y tener sus partes desacopladas.

Paso 2: Otro paso fundamental es asegurarse que no hay ninguna clase de fuga en las uniones de acoples, válvulas o uniones de cualquier parte de la cámara triaxial, en caso de que este sea el caso, es urgente reparar el desperfecto antes de continuar con el montaje.

Paso 3: Debe prepararse todos los elementos que se utilizarán durante el montaje:

- Papel filtro: se deben humedecer dos trozos de sección circular y de área similar a la del pedestal y cabezal y los drenes laterales si el ensayo lo requiere.
- La membrana: debe ser una membrana nueva a la cual se le deben realizar marcas que permitan que quede uniformemente repartida sobre la muestra; si el ensayo requiere la colocación de sensores locales, también se deben hacer marcas que permitan la colocación de dichos transductores.
- Herramientas: deben estar al alcance herramientas tales como llaves Bristol, tijeras, elemento expansor de membranas, elemento colocador de o´rings, entre otros dependiendo del tipo de ensayo.
- Los sensores locales axiales deben ser asegurados con los soportes en una separación que garantice que este en el rango de medida antes, y durante la mayor parte del ensayo, esto se verifica en los canales correspondientes a estos sensores en el software del RTC, luego de esto se mide la separación entre las franjas medias de los dos bloques que componen el sensor.

Paso 4: A continuación se debe purgar el pedestal y el cabezal ya que por estos ductos es que se medirá la presión de poros y se aplicará la contra-presión respectivamente; es importante retirar las burbujas de aire presente ya que ello imposibilitará los procesos de saturación y consolidación, la purga se realiza simplemente inyectando agua por los ductos correspondientes.

Figura 3-1 Purga del pedestal

Paso 5: Luego se coloca silicona al empaque de la cámara para asegurar un mejor sello entre las uniones, silicona al borde del pedestal para asegurar un buen sello entre el elemento y la membrana de látex, y por último se le aplica silicona alrededor del cabezal por la misma razón que se le aplico al pedestal y en la parte superior del cabezal para garantizar una unión consistente entre el cabezal y la celda de carga.

Figura 3-2 Aplicación de la silicona

Paso 6: Siguiendo con el proceso, se coloca sobre el pedestal una piedra porosa saturada y un trozo de papel filtro mojado y cortado a la medida del área del pedestal.

Figura 3-3 Disposición de piedra porosa y papel filtro

Paso 7: En seguida, se procede a recolectar información de la muestra como: peso, diámetro y altura (para obtener una buena medida de las dos últimas medidas es recomendable tomar el promedio de tres mediciones).

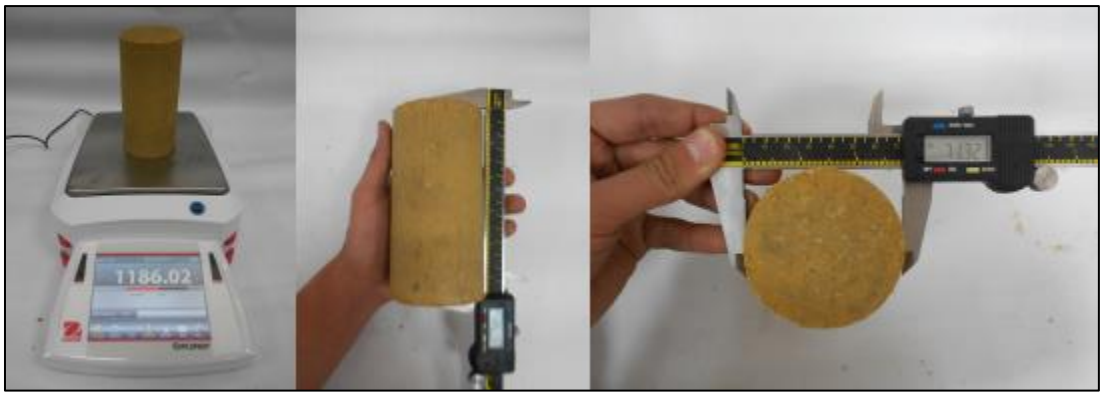


Figura 3-4 Toma de medidas de la muestra

Paso 8: Solo entonces se procede a montar la muestra, de tal forma que quede centrada sobre el pedestal y cuidando que quede bien nivelada.

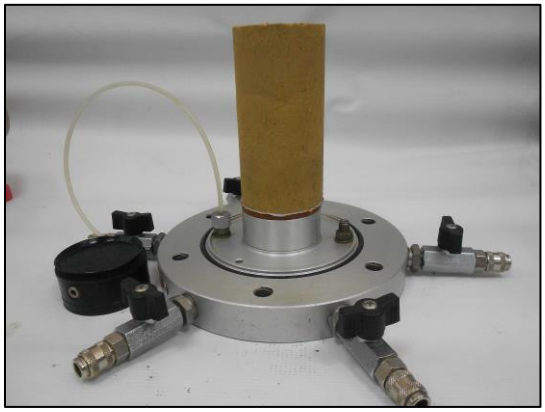


Figura 3-5 Disposición de la muestra sobre el pedestal

Paso 9: Acto seguido, se coloca el papel filtro húmedo y la piedra porosa saturada sobre la muestra, se recomienda que si el material de la muestra tiene poca permeabilidad como el caso de las arcillas se le coloque un papel filtro radial para que facilite el drenaje del agua de la muestra.

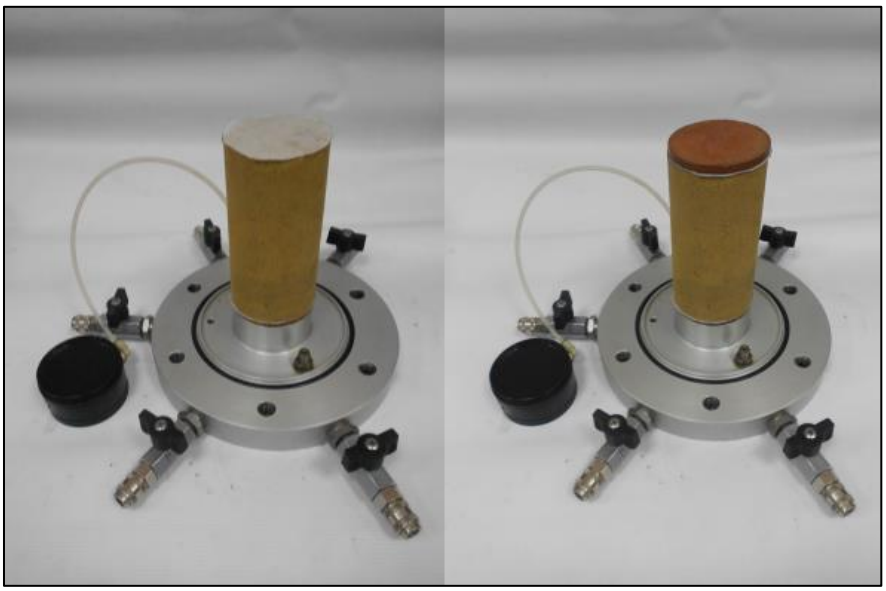


Figura 3-6 Disposición de papel filtro y piedra porosa sobre la muestra.

Paso 10: Ahora, se coloca con mucho cuidado la membrana sobre el elemento expansor de membranas (usualmente este procedimiento se debe realizar sobre una superficie suave como una toalla, para de esta forma evitar la rotura de la membrana), se aplica vacío para adherir la membrana al elemento, luego se ubica la membrana sobre la muestra de forma tal que quede longitudinalmente bien distribuida, acto seguido se libera el vacío para que la membrana se adhiera a la muestra, por último se retira el elemento expansor.

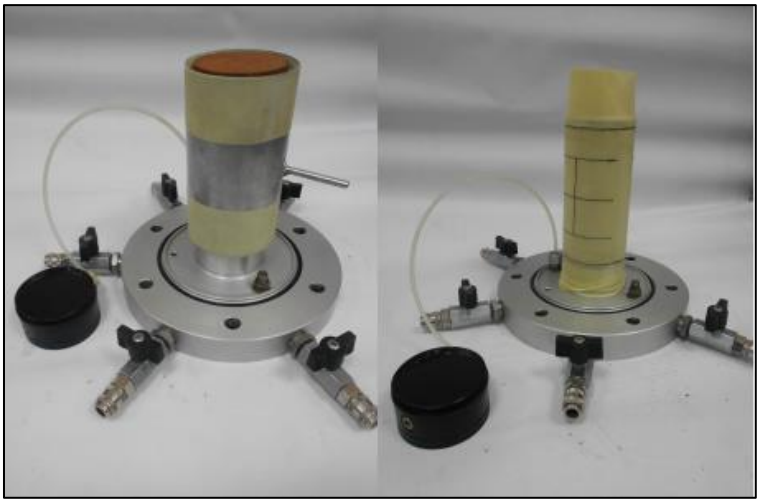


Figura 3-7 Colocación de la membrana

Paso 11: Continuando con el montaje, se colocan los o´rings o anillos de sellado sobre la herramienta de colocación para facilidad en el proceso (se recomienda que sea utilizado una herramienta de colocación de un material flexible como el PVC u similares, ya que cuando se van a colocar los dos o´rings del sello superior dicha herramienta debe ser retirada sin que el cabezal se retire de su lugar, por lo cual la herramienta de colocación debe ser retirada por un costado).

Figura 3-8 Colocación de o'rings en la herramienta de colocación

Paso 12: Se coloca el dispositivo con los o´rings colocados sobre él y se dispone del primer anillo en la parte más baja del pedestal, para luego ser cubierto por la membrana.

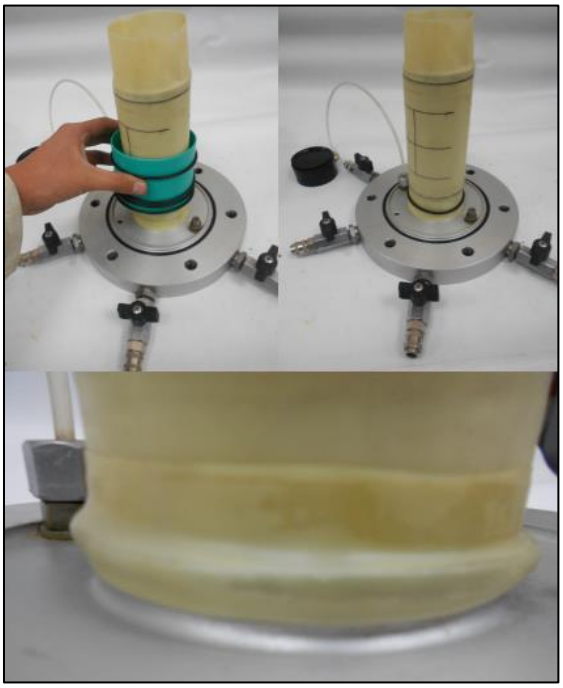


Figura 3-9 Emplazamiento de los o'rings inferiores

Paso 13: Luego se coloca el siguiente o´ring en la parte superior del o´ring que fue anteriormente dispuesto, de esta forma se garantiza un mejor sello, si se quiere se puede volver a plegar la membrana de tal forma que esta cubra los dos o´rings.

Figura 3-10 O'rings inferiores montados

Paso 14: Luego se coloca el cabezal sobre el montaje y se dispone de los o´rings de la misma forma que se hizo al momento de colocar los otros dos en sobre el pedestal, para qe por último se retire la herramienta de colocación por un costado del montaje sin alterar la muestra.

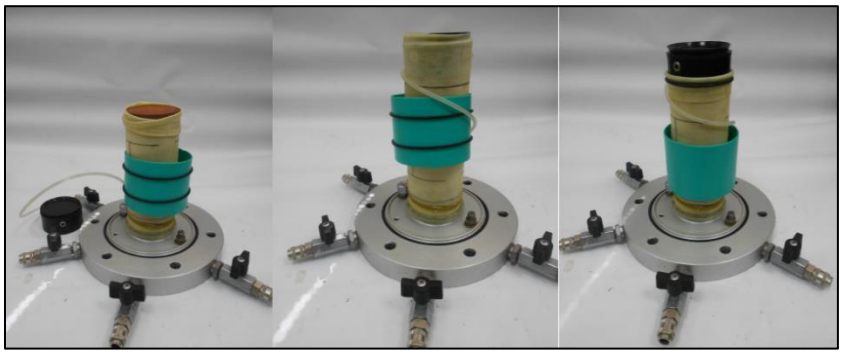


Figura 3-11 Montaje de los o'rings superiores

Paso 15: Cuando se quiera comprobar que no existan fugas en las conexiones o que no se haya roto la membrana, se debe realizar una prueba de vacío; se debe tener el sistema conectado de la forma en que se muestra en la figura a la válvula de contra-presión, se cierra la válvula, se enciende la bomba y se observa el comportamiento de las burbujas dentro de la trampa de agua, y se espera por un momento, luego se abre la válvula y se compara el comportamiento de las burbujas antes y después de haber abierto la válvula, si es el mismo comportamiento se continua con el montaje, si no, se debe revisar el sistema en búsqueda del problema.

Figura 3-12 Prueba de vacío

Nota: La prueba de vacio se puede hacer en cualquier momento despues de haber terminado el paso 14, y se aconseja que se haga por lo menos una vez, y que cuando se coloquen sensores locales se haga una vez más despues de haber colocado los sensores locales.

Paso 16: Si el ensayo no requiere la instalación de sensores locales, se coloca el anillo de la cámara triaxial y se continua en con el paso 21, pero si el objetivo del ensayo considera medir deformaciones con estos transductores continúe con los pasos siguientes.

Paso 17: El primer sensor local que debe instalarse es el sensor local radial: se le aplica un pegamento apropiado tanto a la membrana como al soporte del sensor y luego se le aplica presión al soporte para asegurar el pegado.

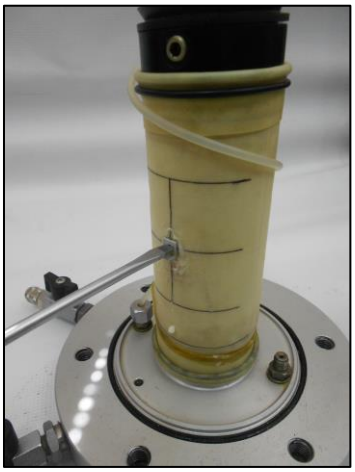


Figura 3-13 Pegado del soporte del sensor local radial a la membrana

Luego se coloca el sensor local sobre los soportes y se asegura con algún elemento que ejerza aún mayor ajuste a los elementos.

Nota: este sensor tiene unas puntas que ayudan al acople sensor-soporte, pero estas puntas pueden ser problemáticas por el hecho de que pueden romper la membrana al momento que se esté tratando de ubicar el sensor sobre el soporte, por ello hay que tener mucha precaución durante este paso.

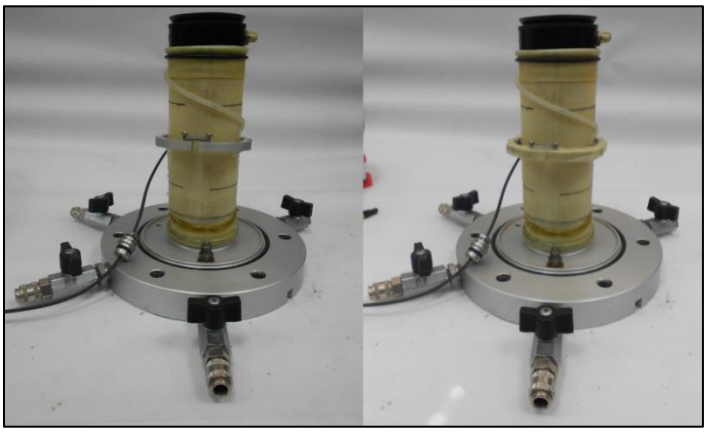


Figura 3-14 Ubicación del sensor local radial

Paso 18: A continuación se pegan los sensores locales axiales con ayuda de las líneas guías dibujadas sobre la membrana y se ajustan colocándole ayudas como bandas elásticas para mejorar la adherencia sensor-membrana.

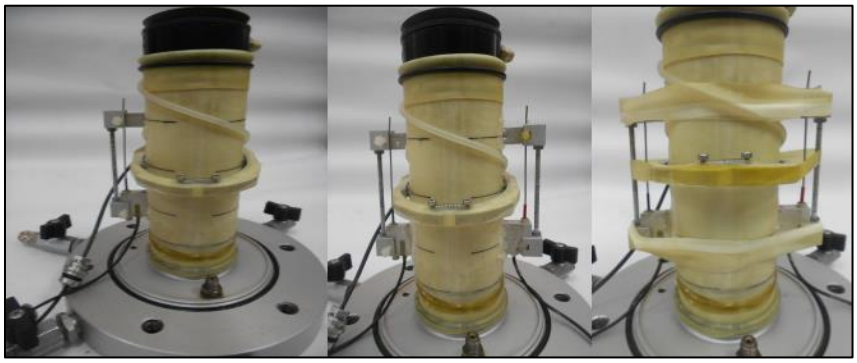


Figura 3-15 Emplazamiento de los sensores locales axiales

Paso 19: Luego de que el pegamento ha secado por completo, se retiran las bandas elásticas, se retiran los soportes que garantizaban la separación entre los dos bloques del sensor local, al final se vuelven a colocar las bandas elásticas sobre los transductores.

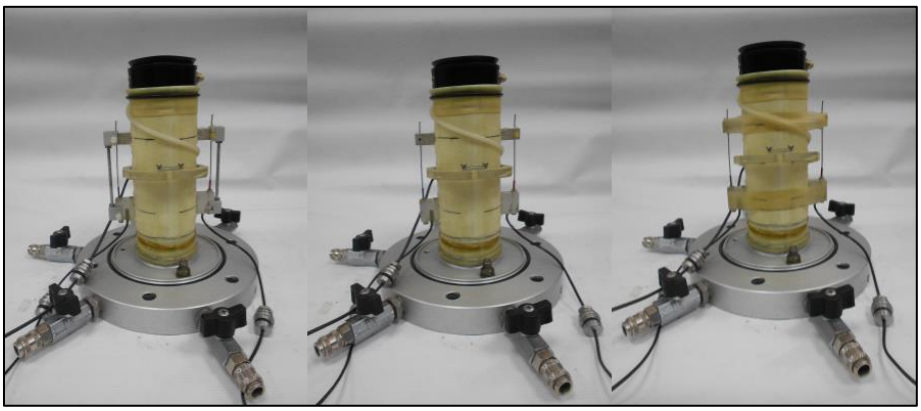


Figura 3-16 Retiro de soportes

Paso 20: Luego, se le coloca el anillo de la cámara.

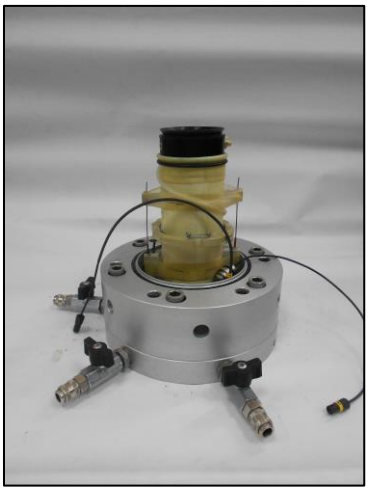


Figura 3-17 Posicionamiento del anillo

Paso 21: En el caso de que se hayan colocado los sensores locales es necesario retirar los tapones del anillo para que los cables de los sensores locales pasen por allí.

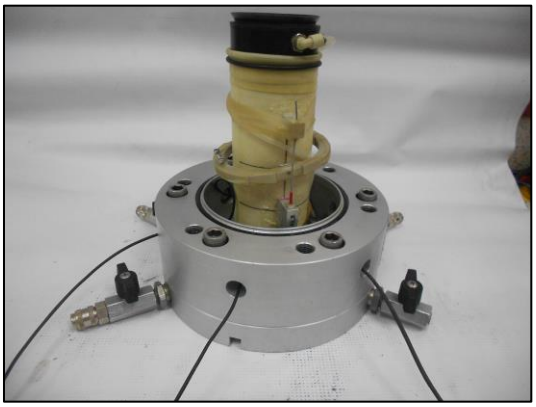


Figura 3-18 Acomodación de cables de sensores locales

Nota: Por practicidad se puede ajustar la posición del tapón de cada sensor local, pero es fundamental que cuando se mueva algún tapón del cable de un sensor local, se asegure su posición apretando el acople; además se debe asegurar que el tapón quede bien puesto en el anillo para evitar fugas en el sistema cuando la cámara sea llenada.

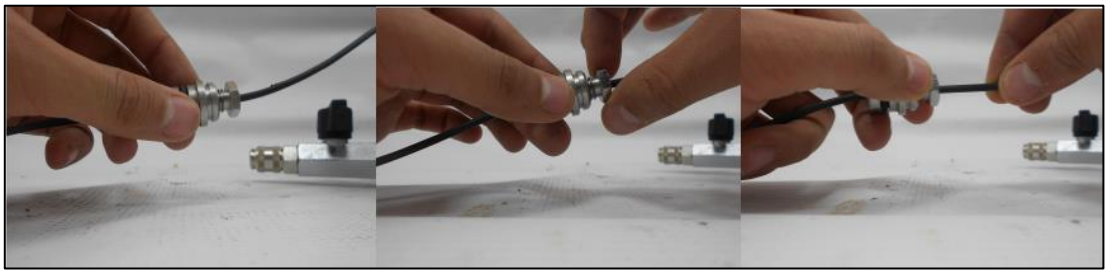


Figura 3-19 Cambio de posición del tapón del cable de un sensor local

Paso 22: A continuación se aseguran los tornillos del anillo y se le aplica silicona al empaque.

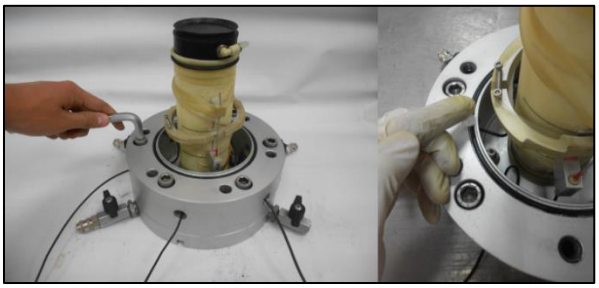


Figura 3-20 Ajuste del anillo y aplicación de silicona

Paso 23: Ahora se coloca la cámara y se aprietan los tornillos longitudinales para cerrar la cámara triaxial.

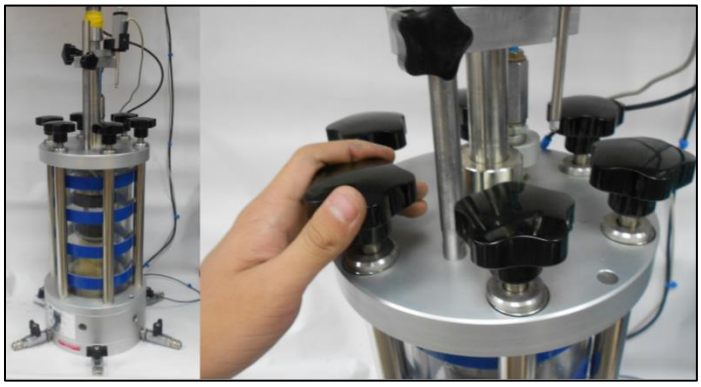


Figura 3-21 Ajuste de la cámara

Nota: se debe dejar una pequeña separación entre el cabezal y la celda de carga para tomar un punto de carga cero al momento de programar el ensayo.

Figura 3-22 Espaciamiento cabezal - celda de carga

Paso 24: Ahora se monta la cámara triaxial en el marco de carga, y se ajusta la posición del plato de acuerdo con la deformación estimada que se espera en la muestra.

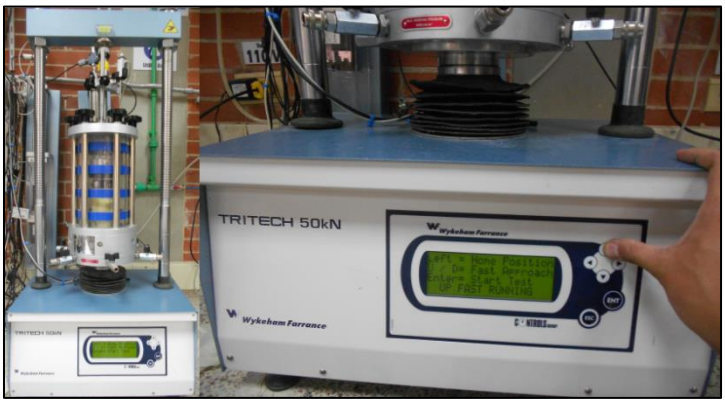


Figura 3-23 Ajuste de la posición del plato del marco de carga

Paso 25: Luego de esto, se asegura la posición del travesal del marco de carga ajustando las tuercas; se atornilla la parte superior del actuador al acople que se encuentra bajo el travesal; después se asegura la cámara triaxial al plato del marco de carga.

Paso 26: Ahora se procede a llenar la cámara con agua, conecte la manguera que comunica al tanque de agua a la entrada de la presión de cámara y permita el paso del agua.

Figura 3-24 Apertura de válvula mecánica de presión de cámara

Nota: cuando se esté llenando la cámara tenga las dos válvulas localizadas en la parte superior de la cámara abiertas, y ciérrelas cuando comience a salir agua de ellas.

Figura 3-25 Apertura válvula superior de la cámara triaxial

Paso 27: se conectan la manguera de la contra-presión y el sensor de presión de poros.

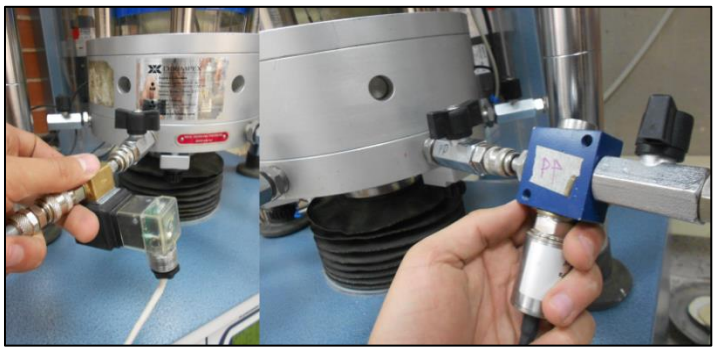


Figura 3-26 Conexión servo válvula de contra presión y transductor de presión de poros

Paso 28: Luego se cierra la válvula mecánica en el tablero de válvulas que conecta al tanque con la cámara triaxial y se purga la manguera que conecta el tanque con el controlador de presión hidromático de presión de cámara.

Paso 29: Con la válvula de contrapresión mecánica cerrada se purga el dispositivo automático de cambio volumétrico abriendo las válvulas superior e inferior y permitiendo que fluya algo de agua que viene del tanque.

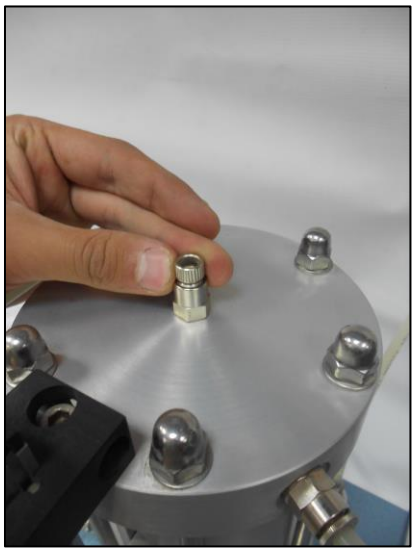


Figura 3-27 Purga de dispositivo de cambio volumétrico

Luego se cierra la válvula que conecta al tanque con el dispositivo automático de cambio volumétrico y se purga la manguera que conecta el tanque con el controlador de presión hidromático de contra-presión.

Nota: Se debe tener en cuenta que según la configuración del sistema se deba tener que abrir las válvulas solenoides para poder purgar las mangueras.

Paso 30: Ahora, teniendo las válvulas mecánicas y las servo válvulas abiertas se ajusta la posición de los pistones de los controladores de presiones automáticos de acuerdo con los objetivos de presión que requiera el ensayo. Este procedimiento se realiza de la siguiente forma:

1. Abrir el software (Real Time Control management control).
2. Conectar el ATD.

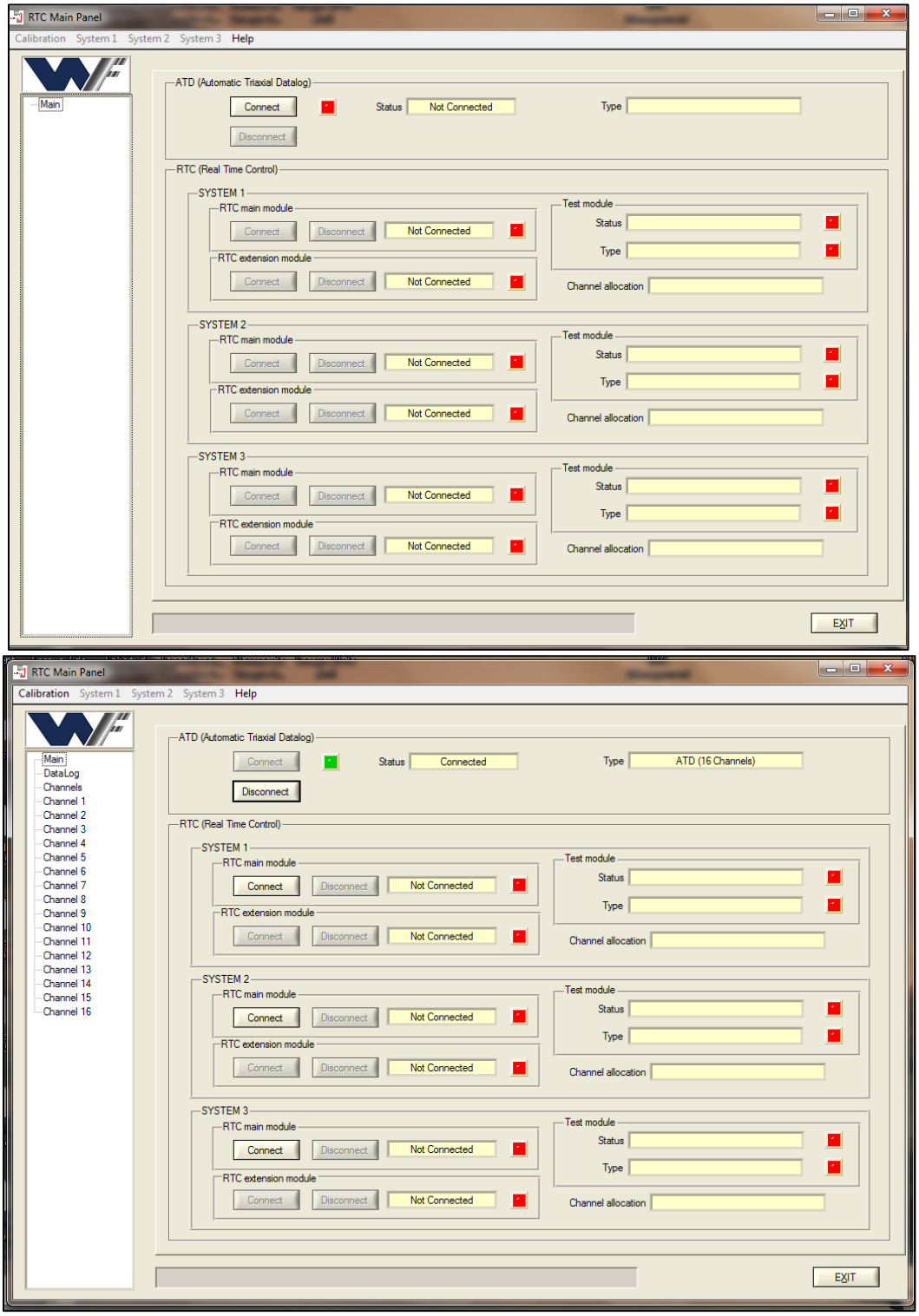


Figura 3-28 Abrir el software del ATD y conexión del ATD

3. Conectar el RTC.

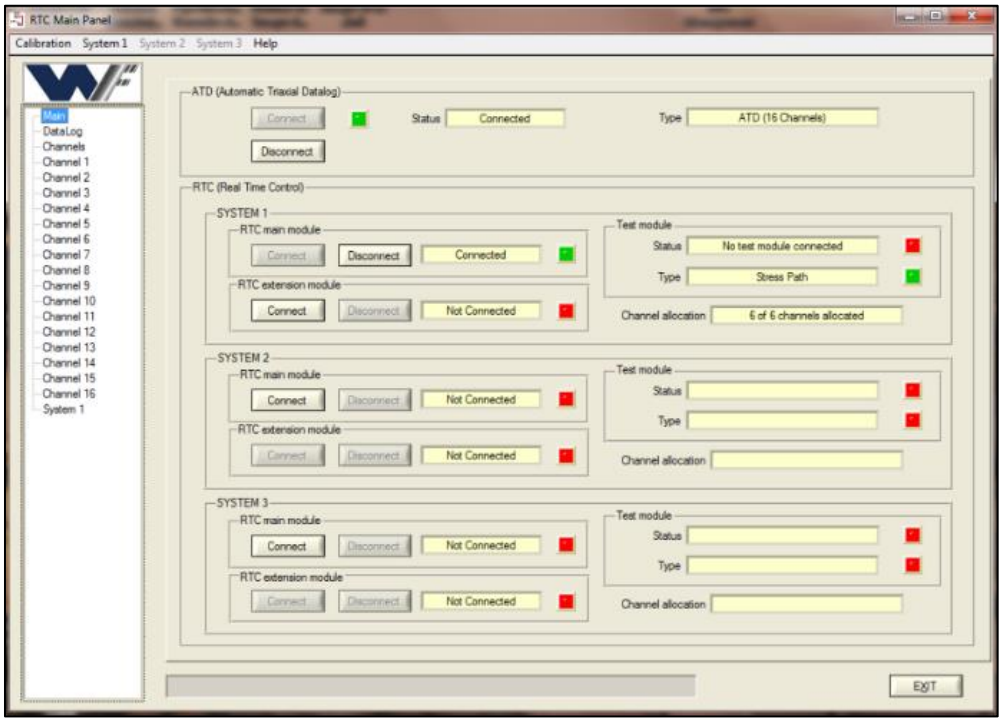


Figura 3-29 Conexión del RTC

4. Ir al sistema al que pertenece el RTC conectado.

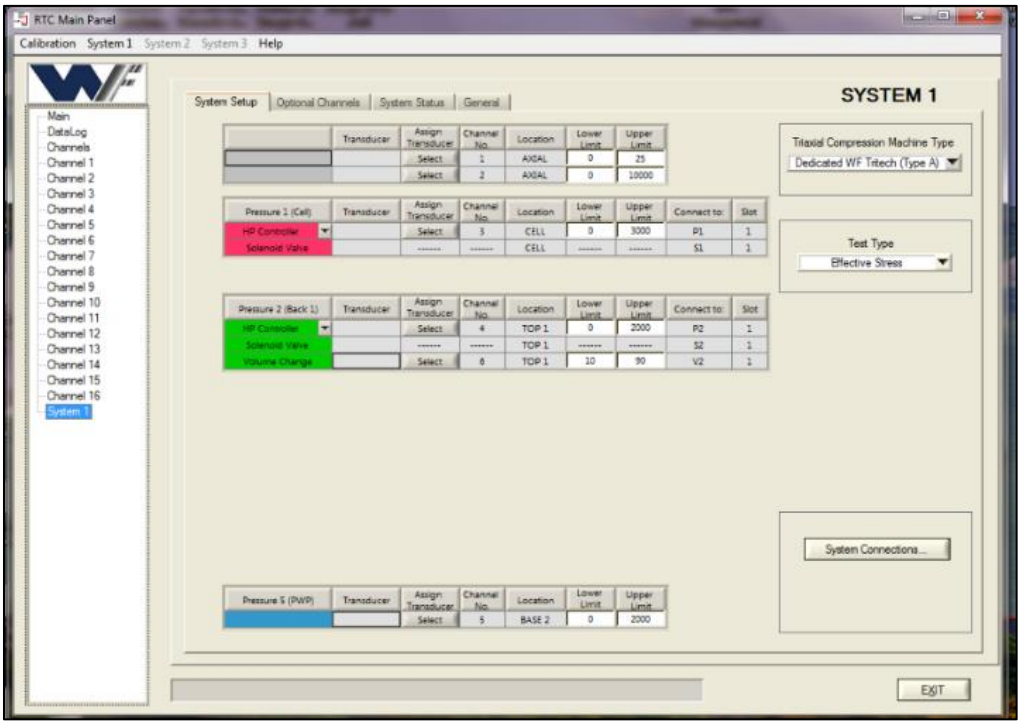


Figura 3-30 Panel System 1

5. Ir a 'system status' e ir a HP manual control y oprimir sobre el botón de 'show panel'.

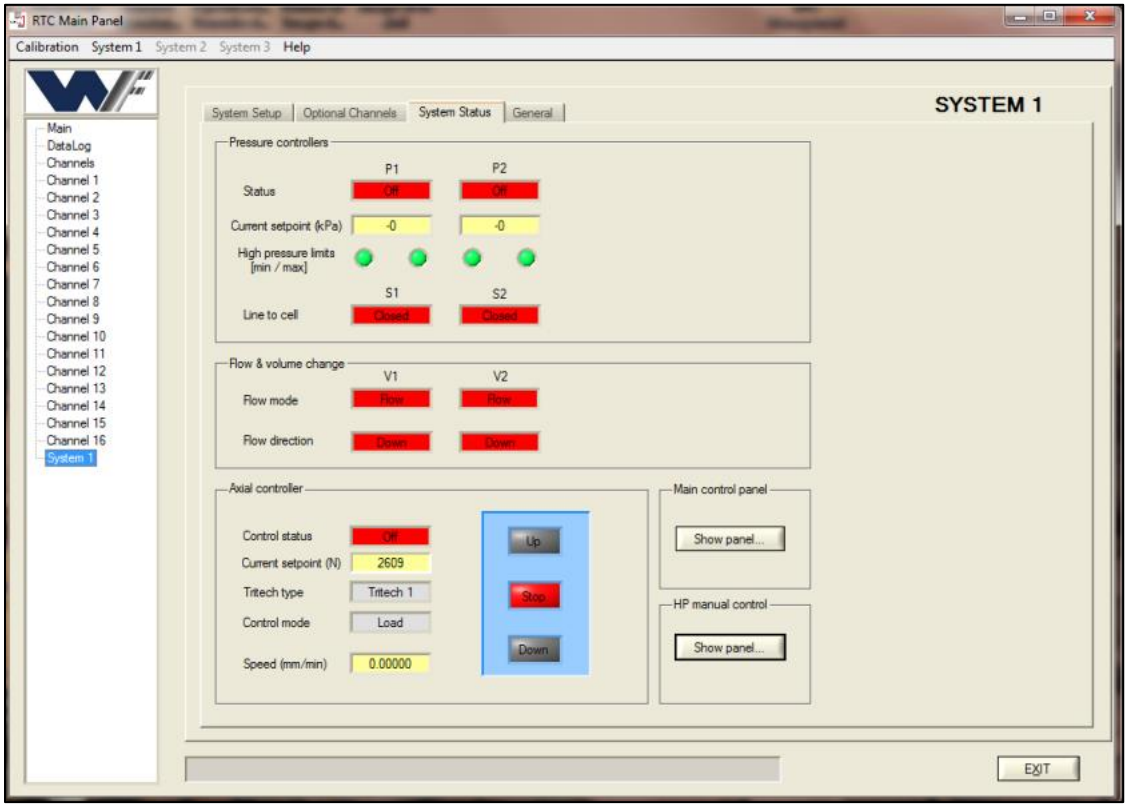


Figura 3-31 Panel System status

6. Se ajusta la dirección y la velocidad del pistón de los controladores de presión automáticos teniendo en cuenta que los botones de P1 pertenecen al controlador de presión de cámara y los botones de P2 pertenecen al controlador de contrapresión.
7. Por último se da clic sobre el botón 'ON' de la opción 'enable' para que los pistones comiencen a moverse; cuando se deseen detener se oprime ahora sobre el mismo botón que ahora debe decir 'OFF' y luego se da clic sobre el botón 'close' para cerrar el recuadro.

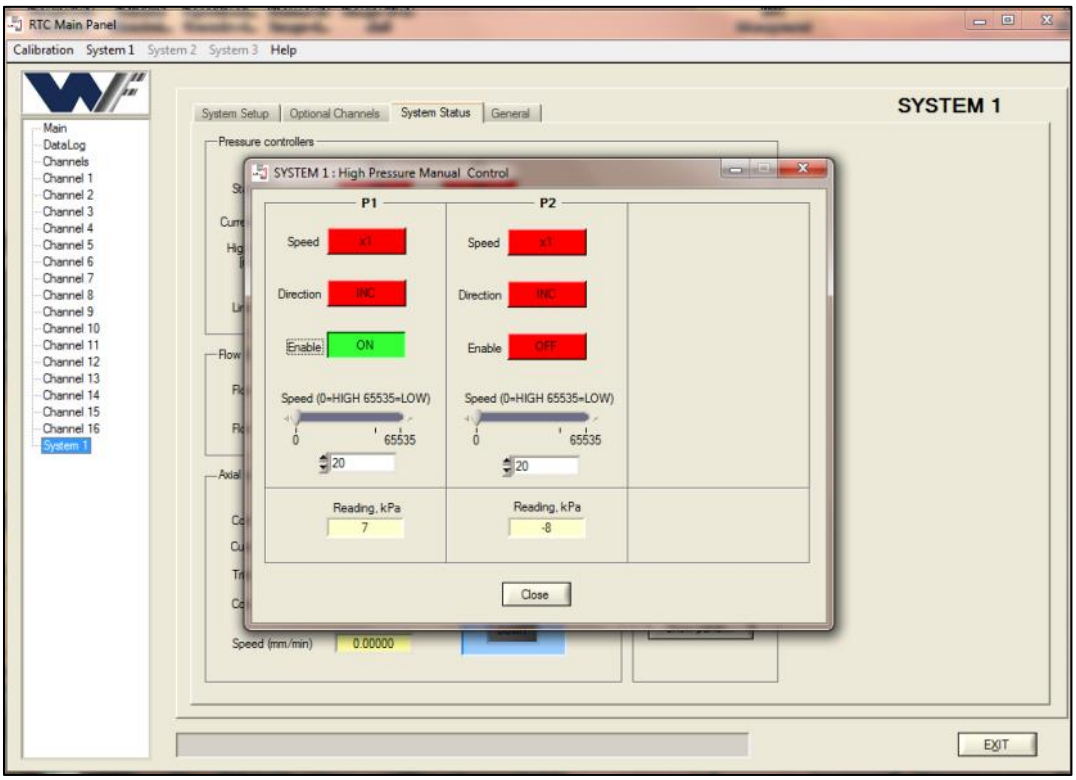


Figura 3-32 Panel de control de control de presión manual

Paso 31: Por último se cierran las válvulas del tablero de tal forma que el sistema triaxial no tenga afectación del tanque u otros sistemas y se abren las válvulas mecánicas del sistema.

3.2. Montaje de muestras de suelo sin cohesión.

Antes de realizar el montaje de la muestra se debe tener una información previa:

- Masa de la muestra: una opción para determinarla es midiendo la masa inicial de suelo que se usará para construir la muestra y restándole la masa que sobre de la fabricación de la misma.
- Gravedad específica de sólidos.
- Contenido de humedad: se deben tener tres datos para esto, ya que el software calcula este parámetro a partir de ellos; masa de recipiente (en donde se coloca la porción de suelo), masa del recipiente más suelo húmedo y la masa del recipiente más suelo seco.

A continuación se enumera el procedimiento para realizar el montaje de una muestra sin cohesión:

Paso 1: El primer paso es desmontar la cámara triaxial del marco de carga Tritech y tener sus partes desacopladas.

Paso 2: Otro paso fundamental es asegurarse que no hay ninguna clase de fuga en las uniones de acoples, válvulas o uniones de cualquier parte de la cámara triaxial, en caso de que este sea el caso, es urgente reparar el desperfecto antes de continuar con el montaje.

Paso 3: Debe prepararse todos los elementos que se utilizarán durante el montaje:

- Papel filtro: se deben humedecer dos trozos de sección circular y de área similar a la del pedestal.
- La membrana: debe ser una membrana nueva a la cual se le deben realizar marcas que permitan que quede uniformemente repartida sobre la muestra; si el ensayo requiere la colocación de sensores locales, también se deben hacer marcas que permitan la colocación de dichos transductores.
- Herramientas: deben estar al alcance herramientas tales como llaves Bristol, tijeras, elemento expansor de membranas, elemento colocador de o´rings, entre otros dependiendo del tipo de ensayo.
- Los sensores locales axiales deben ser asegurados con los soportes en una separación que garantice que este en el rango de medida antes, y durante la mayor parte del ensayo, esto se verifica en los canales correspondientes a estos sensores en el software del RTC, luego de esto se mide la separación entre las franjas medias de los dos bloques que componen el sensor.

Paso 4: A continuación se debe purgar el pedestal y el cabezal ya que por estos ductos es que se medirá la presión de poros y se aplicará la contra-presión respectivamente; es importante retirar las burbujas de aire presente ya que ello imposibilitará los procesos de saturación y consolidación, la purga se realiza simplemente inyectando agua por los ductos correspondientes.

Figura 3-33 Purga del pedestal

Paso 5: Luego se coloca silicona al empaque de la cámara para asegurar un mejor sello entre las uniones, silicona al borde del pedestal para asegurar un buen sello entre el elemento y la membrana de látex, y por último se le aplica silicona alrededor del cabezal por la misma razón que se le aplico al pedestal y en la parte superior del cabezal para garantizar una unión consistente entre el cabezal y la celda de carga.

Figura 3-34 Aplicación silicona

Paso 6: Como el material el cual se va a montar no posee cohesión será necesario construir la muestra sobre la base de la cámara triaxial, para ello se utilizará un molde cilíndrico como el que se muestra a continuación:

Figura 3-35 Molde cilíndrico

Este molde se cierra y se asegura con una abrazadera.

Paso 7: Luego se coloca la piedra porosa y el papel filtro sobre el pedestal.

Figura 3-36 Disposición piedra porosa y papel filtro sobre el pedestal

Paso 8: Se procede a colocar la membrana dentro del molde, procurando que quede uniformemente repartida longitudinalmente; además se colocan 2 o´rings en la parte superior del molde y otros dos en la base del molde para el posterior sello con que deberá quedar la muestra.

Figura 3-37 Colocación de membrana sobre molde cilíndrico

Nota: este paso se debe hacer sobre una superficie suave como la de una toalla ya que la membrana cuando ha sido estirada es más vulnerable a que se rompa.

Paso 9: Se le aplica vacío al molde para que la membrana se adhiera a él y luego se coloca sobre la base de la cámara triaxial.

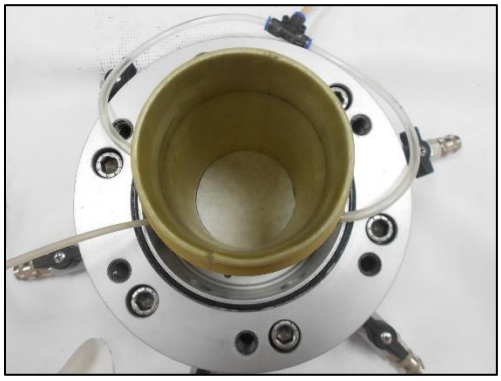


Figura 3-38 Molde cilíndrico sobre la base de la cámara triaxial

Paso 10: Ahora se procede a construir la muestra; se compacta el material por capas de igual masa y un espesor de h/5 cada una.

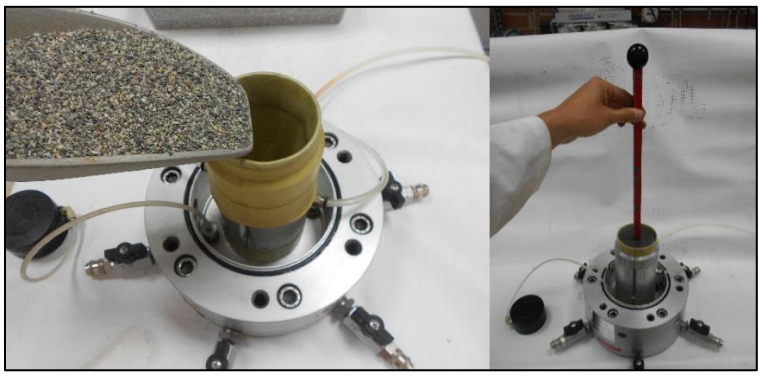


Figura 3-39 Disposición y compactación del material por capas

Paso 11: Cuando se ha terminado de compactar el material, se coloca el papel filtro, la piedra porosa y el cabezal sobre la muestra.

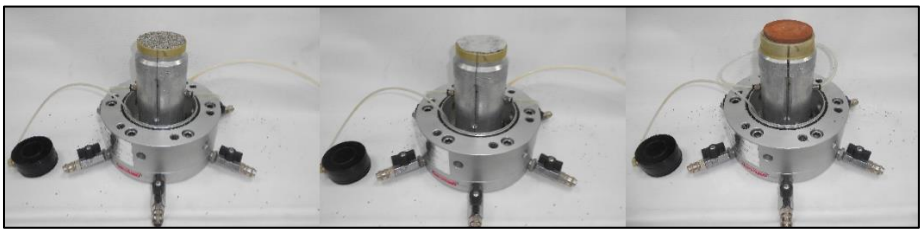


Figura 3-40 Colocación del papel filtro y piedra porosa sobre la muestra

Paso 12: Luego se aseguran los o´rings tanto al cabezal como al pedestal de tal manera que haya un buen sello.

Paso 13: Se aplica vacío a través de la válvula mecánica de la contra-presión (en procura de mantener la forma cilíndrica de la muestra) y se retira cuidadosamente el molde (habiendo quitado el vacío que mantenía la membrana adherida al molde y retirado la abrazadera que mantenía al molde en una sola pieza)

Figura 3-41 Muestra en arena

Nota: Las medidas de la muestra que tendrán que ser introducidas durante la programación del ensayo serán las del molde, por lo cual tendrán que ser tomadas en este momento a menos de que ya se sepan con anterioridad.

Para poder retirar el vacío de la muestra será necesario que la muestra ya este montada, la cámara llena de agua y se pueda aumentar la presión de cámara en al menos 10 kPa, se debe tener precaución con que la válvula solenoide no esté conectada a la válvula mecánica, ya que el vacío puede dañarla.

El procedimiento que sigue es el mismo que se utiliza en el montaje de una muestra con cohesión del paso 15 al 32.

4. Actividades preliminares a la programación del ensayo.

4.1. Ajuste de los parámetros P e I

Estos dos parámetros están directamente relacionados con el tipo de re-alimentación de los circuitos cerrados de los sistemas automáticos.

El significado de los parámetros P e I, es *proporcional* e *integrador* respectivamente.

En el control hidromático el parámetro I es poco relevante, ya que solo se utiliza cuando el sistema no responde y es necesario re-activarlo manualmente: esto es aumentando o disminuyendo dicho parámetro en una diezmilésima de unidad.

El parámetro más importante por lo tanto es el parámetro *proporcional* que es el que da el comando para manejar los controladores de presión hidromáticos, este parámetro corresponde al error instantáneo entre el la presión objetivo y la medida de presión instantánea.

Se recomienda que para ajustar estos parámetros lo mejor es hacerlos sobre una muestra idéntica a la que se quiera ensayar pero que sea prescindible; cuando se hace este ajuste como se recomienda las condiciones del ajuste serán favorables para que el ajuste sea óptimo. Si no se cuenta con una muestra prescindible, el ajuste se tendrá que hacer manteniendo cerradas las válvulas de la contra presión.

Para ajustar estos factores se sigue este procedimiento:

Se conecta el ATD y el RTC

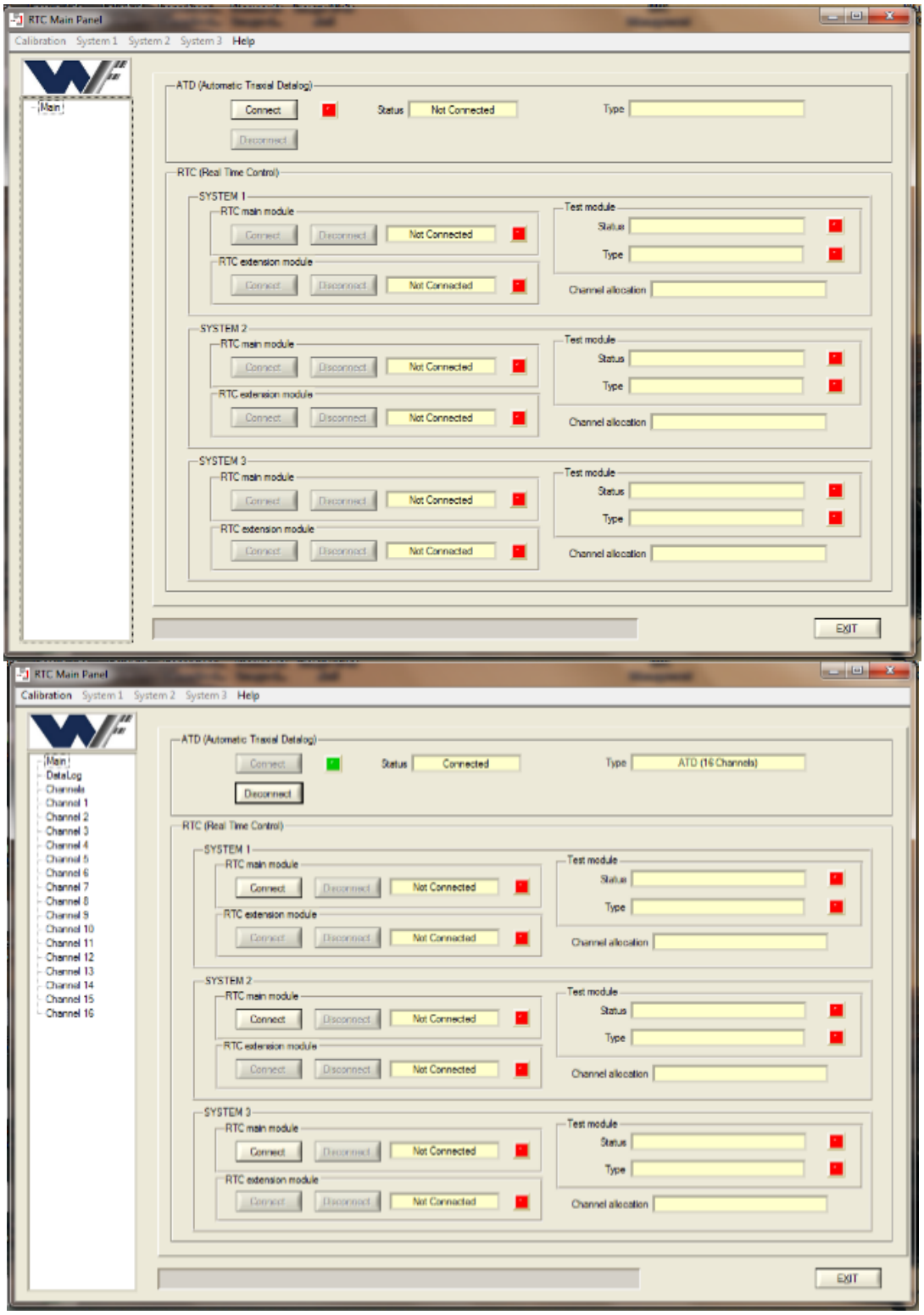


Figura 4-1 Conexión del ATD y del RTC

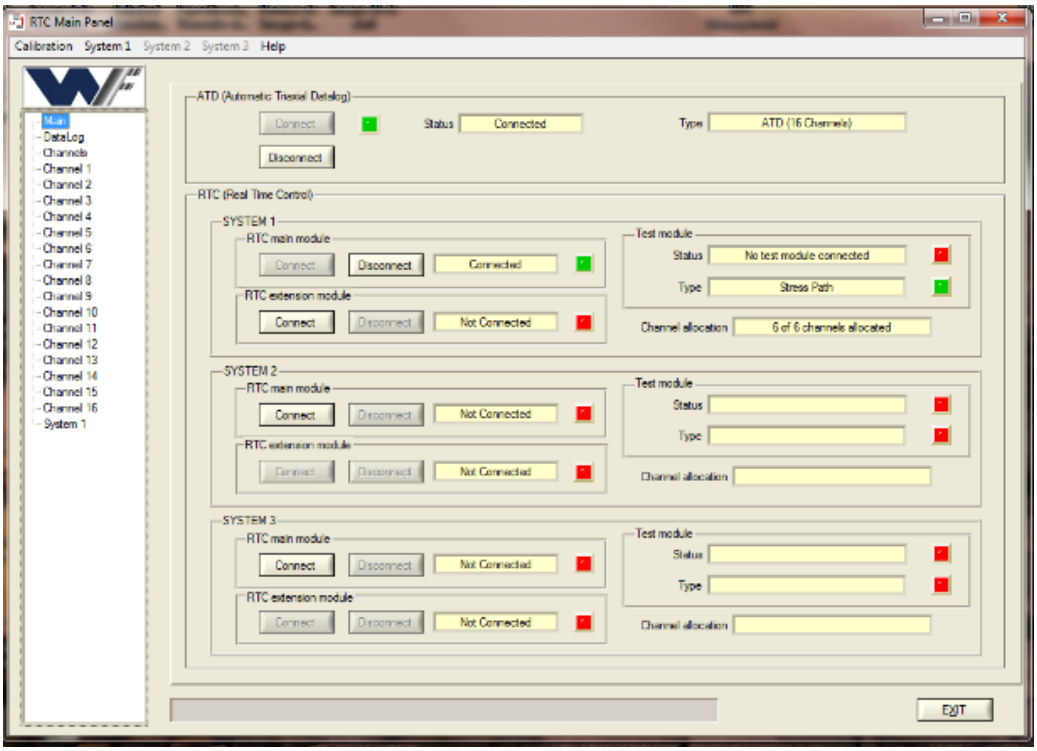


Figura 4-1 Conexión del ATD y del RTC

Se dirige al sistema triaxial correspondiente, se da clic en 'System status' y luego en el botón 'Show panel' del recuadro de 'Main control panel'.

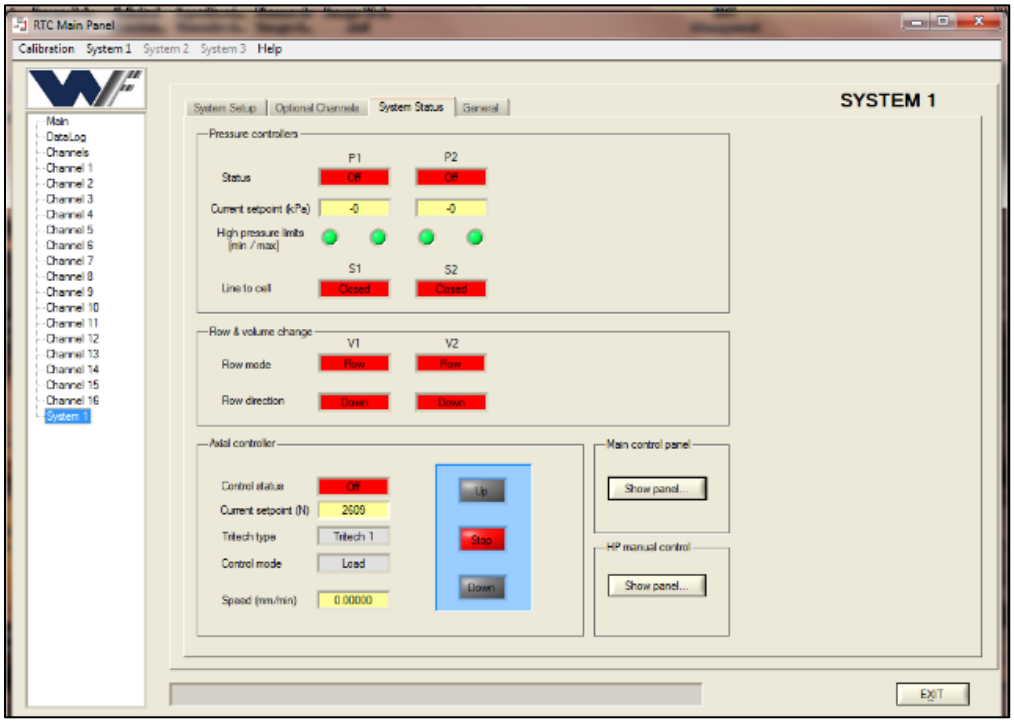


Figura 4-2 Panel de system status

A cada controlador de presión hidromático se le deben ajustar los parámetros P e I: P1 corresponde al controlador de presión de cámara y P2 pertenece al controlador de contra-presión.

Si se quiere ver los cambios de presión respecto al tiempo de uno o ambos controladores, se debe marcar los recuadros (P1 y/o P2 bajo la gráfica) de las presiones que se quieren ver; si se quiere ajustar la escala de la gráfica se seleccionan los valores mínimos y máximos de la presión, esto, digitando dichos valores límites en los recuadro 'Y Min' y 'Y Max'. Dado que esta gráfica es en tiempo real, no guardará registro de cambios o comportamiento de presión de cámara y contra-presión.

Figura 4-1 Panel de control principal

Se ajusta una rampa de presión que se aconseja que se haga con un cambio de presión de entre 0 y 200 kPa en un tiempo de entre 1 y 2 minutos. El cambio de presión se coloca en el recuadro de 'Setpoint (kPa)'; el tiempo se coloca en el recuadro de 'Ramp time'.

Al rango de banda ('Error band (kPa)') se le asigna un valor de 2 kPa.

Luego se abre la servo-válvula del controlador de presión hidromático correspondiente (si el ajuste se está haciendo sobre una muestra no prescindible, no abra la servo-válvula de la contra-presión).

Figura 4-2 Apertura línea 1

Luego de clic sobre el botón 'Off' del recuadro 'Control' para que el controlador de presión hidromático comience a operar.

Figura 4-3 Inicio de rampa

Si la presión no incrementa, será necesario incrementar el parámetro P hasta que la rampa se vuelva algo linear. Si la presión comienza a oscilar es necesario reducir el parámetro P.

Nota: Los cambios del parámetro P deben hacerse en incrementos – decrementos de 0,01 o 0,02. El parámetro I generalmente puede ser mantenido entre 0,01 y 0,03.

Cuando se esta realizando el ajuste de los parámetros P e I de ambos controladores al mismo tiempo y las válvulas de contra-presión estan abiertas, es normal que las rampas de presión tomen cierto tiempo en estabilizarse, ya que al estar conectado el sistema, los aumentos de presión de cámara afectarán la contra-presión y visceversa.

Algunas veces se puede presentar 'saltos de presión' pero esto no necesariamente significa que alguno de los controladores de presión hidromáticos estén operando, generalmente se debe a ruido eléctrico proveniente de campos electromagnéticos producidos por la posición tan cercana de los cables del sistema triaxial. Para corregir este defecto se pueden colocar filtros en los cables de los sensores de presión de cámara y de contra-presión o también mantener los cables separados entre sí un buen espacio.

Figura 4-4 Salto de presión

Figura 4-5 Salto de presión

Observe que el parámetro P es afectado por la rigidez de la línea de presión. Por ejemplo el parámetro P para el controlador de la contra-presión, generalmente es algo menor que el parámetro P del controlador de la presión de cámara, dado que el incremento de la presión de cámara es afectado por la expansión de la cámara triaxial. También, por el incremento del nivel de la presión aplicada, el sistema se vuelve más rígido y el parámetro P debería disminuir.

4.2. Llenado del tanque y desairado.

Para mayor facilidad se presenta el esquema y la disposición del arreglo que se tiene en el laboratorio:

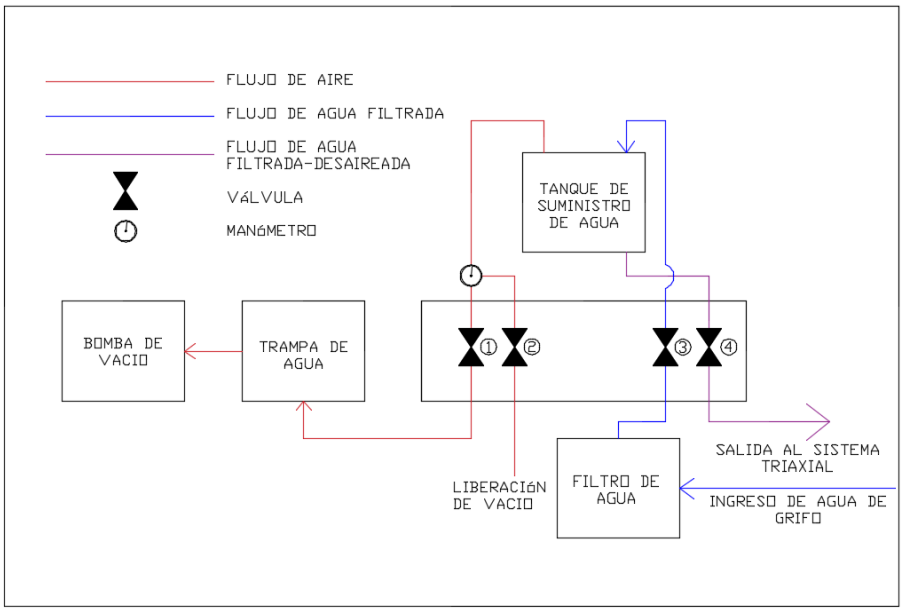


Figura 4-6 Esquema para procedimiento de llenado y desairado del tanque

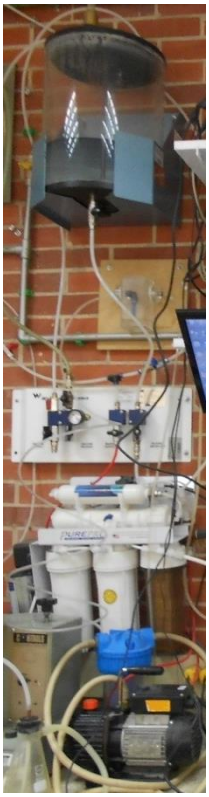


Figura 4-7 Configuración para procedimiento de llenado y desairado del tanque

Para llenar el tanque se abren la válvula número 3, la del filtro de agua y las válvulas que van del filtro al tanque, se enciende el filtro y se espera a que el tanque alcance 4/5 de capacidad antes de apagar el filtro.

Nota 1: La válvula azul del filtro de agua sirve como *bypass,* así que si está abierta el tanque no se llenará.

Nota 2: El procedimiento de llenado desperdicia demasiada agua, por lo cual la manguera que lleva el agua de residuo debe estar orientada hacia un desagüe o algún recipiente para su reutilización.

Nota 3: Si el tanque es llenado a tope, cuando se haga el proceso de desairado, la bomba de vacío comenzará a succionar agua, lo que podrá colmatar la trampa de agua, y en el peor de los casos que la bomba también se colmate.

Para realizar el proceso de desairado se cierran todas las válvulas menos la número 1, luego se enciende la bomba. El proceso de desairado toma una hora, pero por seguridad la bomba no debe estar encendida más de media hora, por lo cual se el proceso se debe realizar en dos partes.

Nota: El manómetro es útil en este punto ya que nos dice si efectivamente se está aplicando vacío, esto respaldado por el hecho de las burbujas de aire que tendrán que salir del agua en el tanque.

Nota 2: El proceso de desairado puede ser ayudado dando suaves golpes al tanque con un martillo de goma para ayudar a que las burbujas salgan con mayor facilidad.

Cuando se haya terminado de desairar, se liberará el vacío muy lentamente, abriendo de a pocos la válvula número 2.

Al final se abre la válvula número 4 para llevar el agua al tablero de distribución y luego al sistema triaxial.

Figura 4-8 Tablero de válvulas mecánicas

5. Programación del ensayo

Para iniciar con la programación del ensayo se debe entrar al software del RTC, conectar el ATD, y conectar el RTC del sistema triaxial.

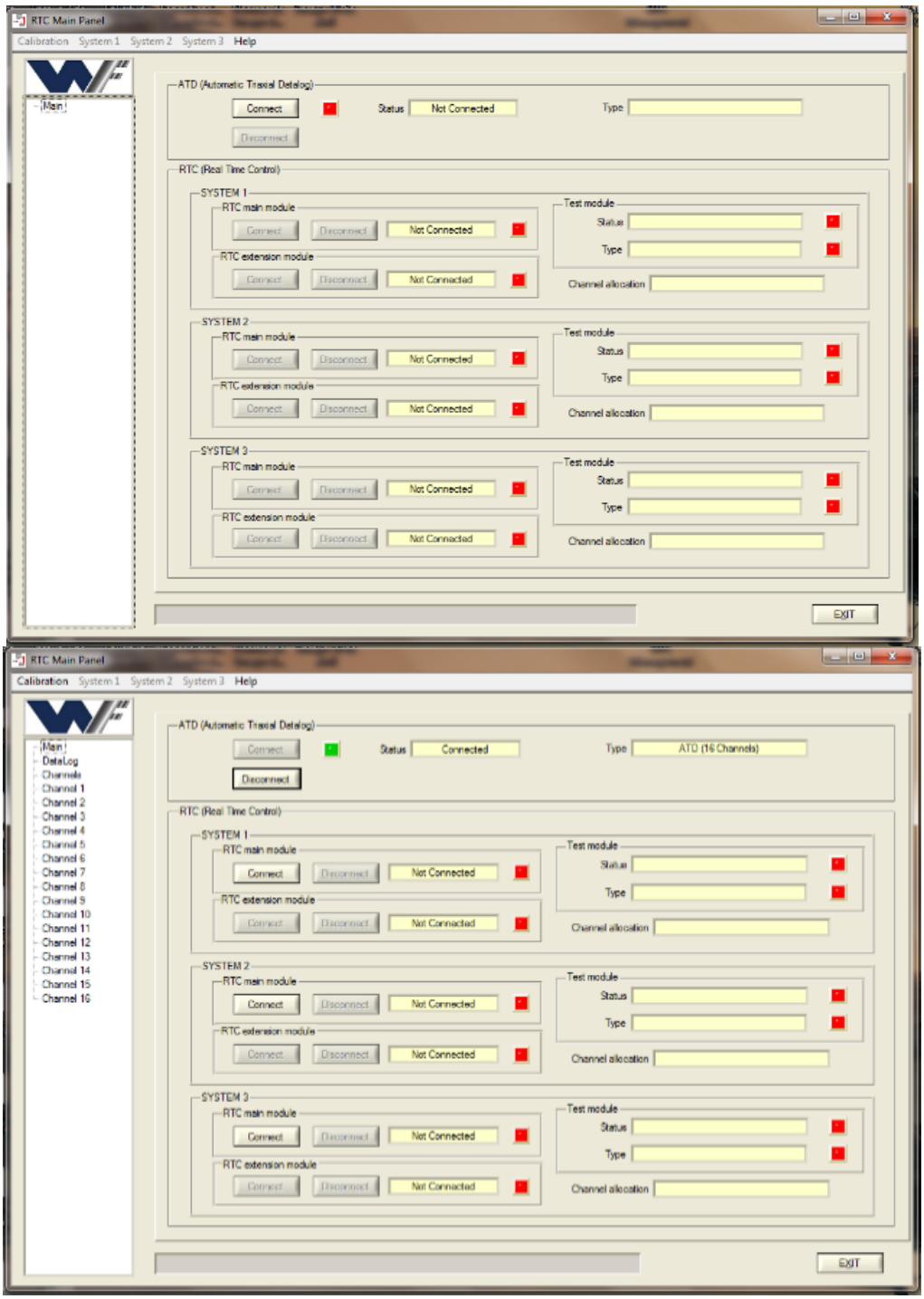


Figura 5-1 Conexión del ATD y del RTC

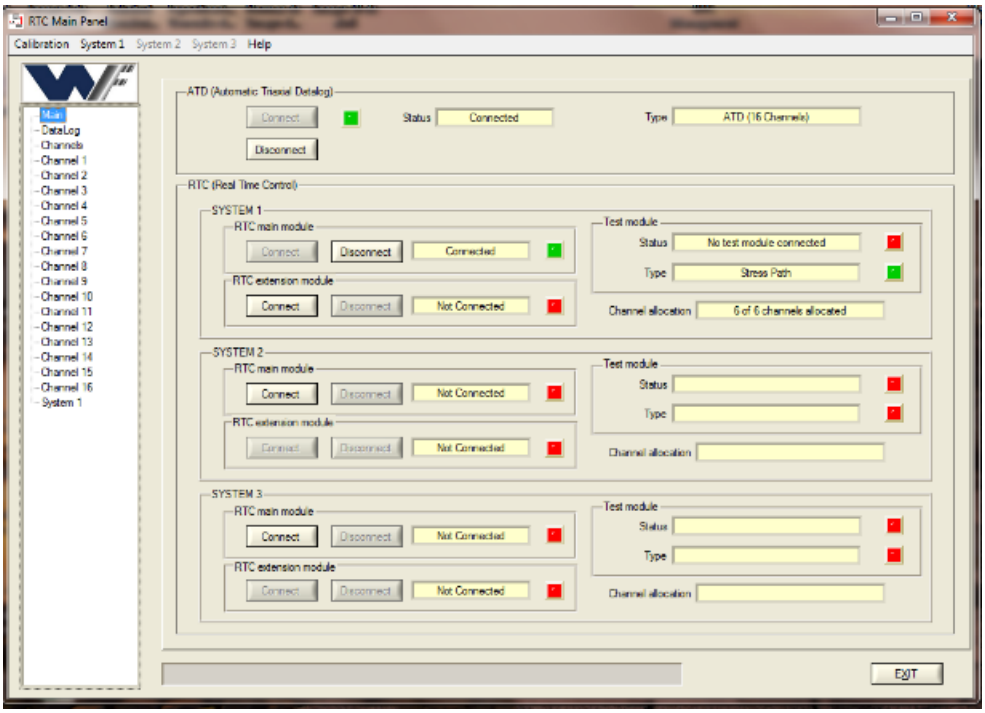


Figura 5-2 Conexión del ATD y del RTC

Luego se selecciona 'System 1' (o el sistema que corresponda si hay más de un sistema triaxial). En el recuadro de 'Triaxial compression machine type' se selecciona 'Dedicated WF Tritech (Type A)' y en el recuadro 'Test type' se selecciona 'Stress path'.

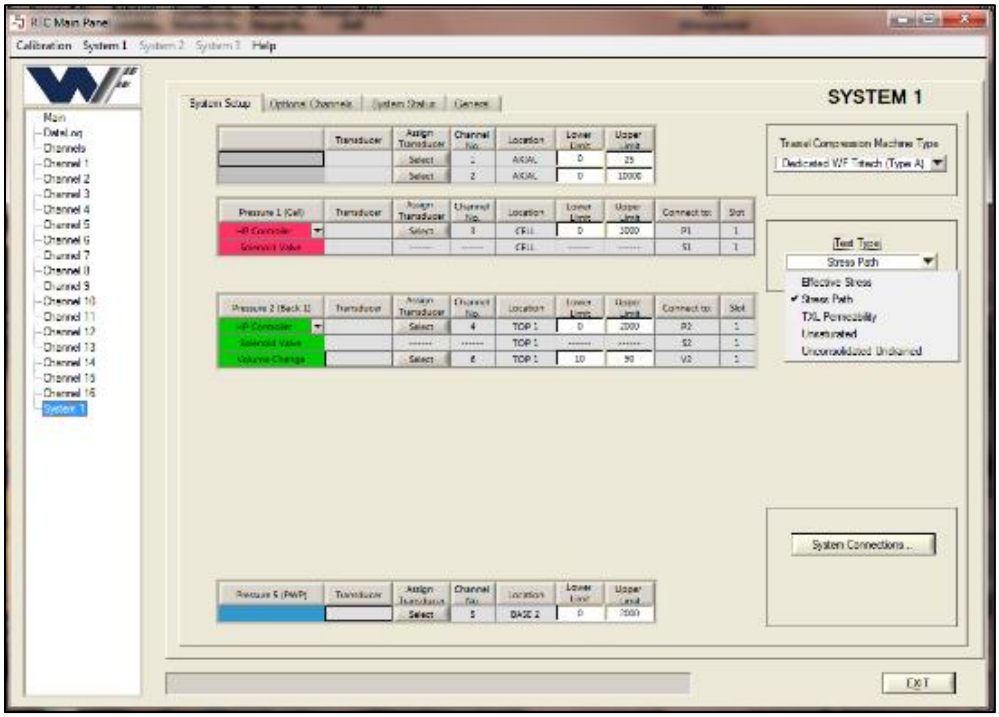


Figura 5-3 Pestaña system setup

Nota: A razón de que para cada tipo de ensayo se requieren transductores diferentes, si al escoger el tipo de ensayo 'stress path' los transductores no están asignados, entonces esta tarea debe realizarse antes de continuar con la programación del ensayo (debe recordarse que también debe existir una calibración previa de los transductores para que ellos puedan ser asignados).

Luego se abre el software de 'stress path', se presenta a continuación los recuadros con los que cuentas la ventana:

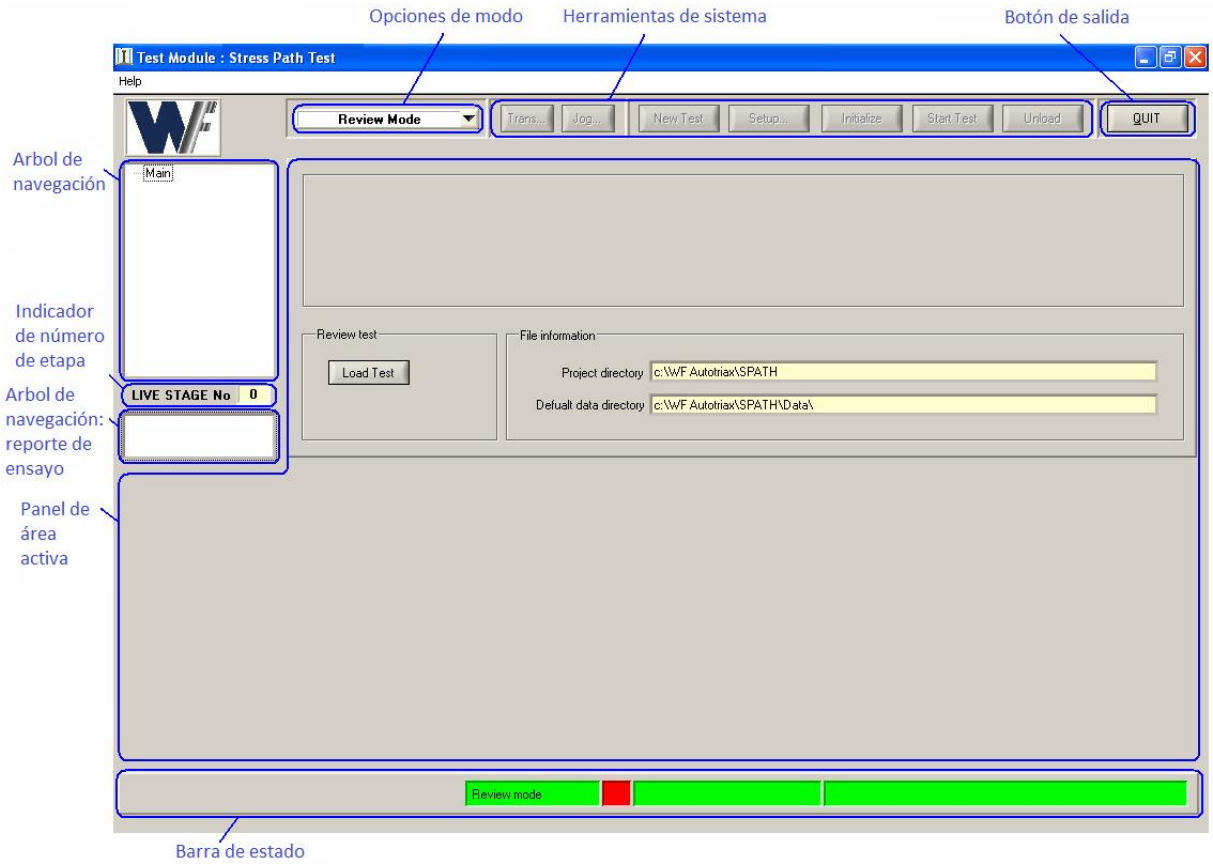


Figura 5-4 Panel del ensayo de trayectoria de esfuerzos

Del recuadro 'Opciones de modo' selecciona en el recuadro de Test mode el número del sistema:

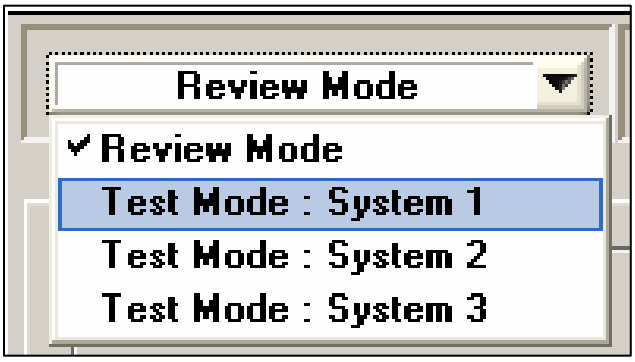


Figura 5-5 Opciones de modo

A continuación se nombrará la función de cada uno de los botones de las herramientas de sistema:

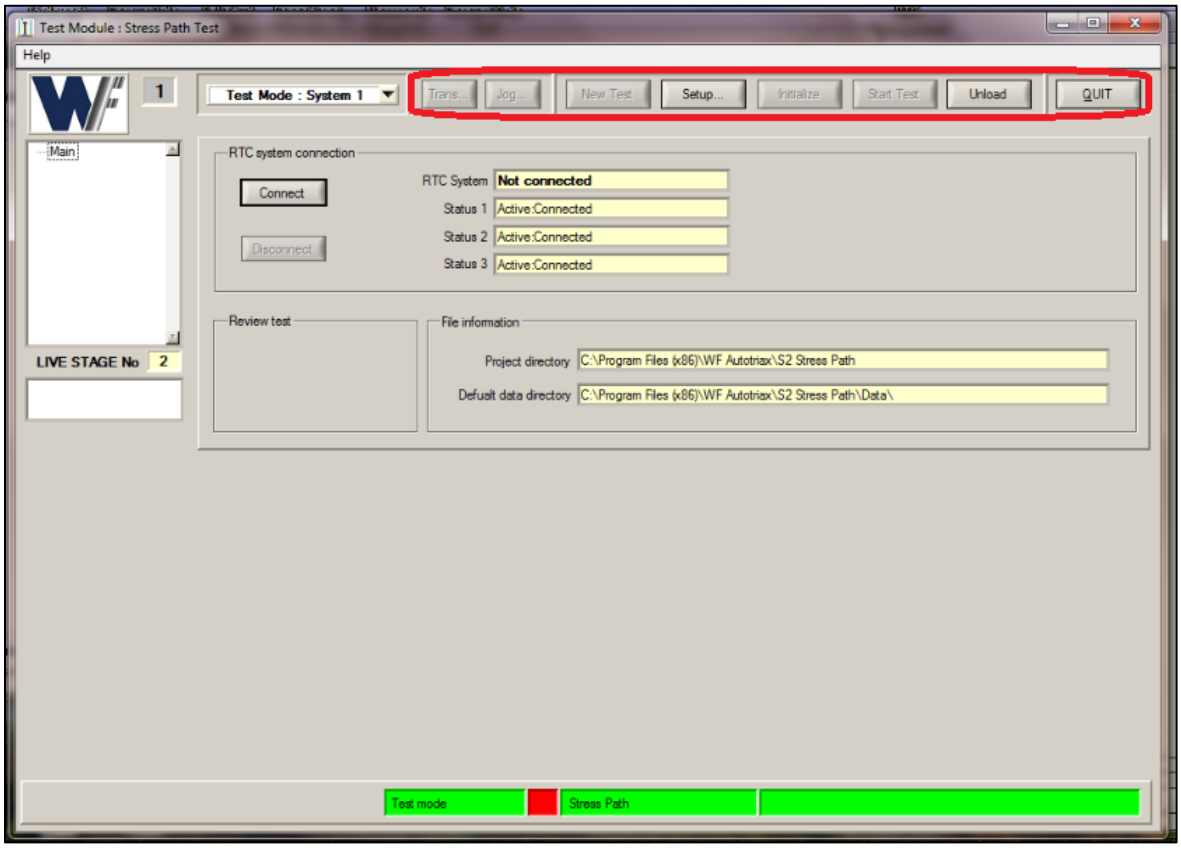


Figura 5-6 Herramientas de sistema

Trans… Abre el panel de lecturas de transductores el cual muestra las lecturas en tiempo real para todos los transductores del sistema triaxial. Este panel se mantendrá abierto siempre y cuando el ensayo siga activo.

Jog… Abre el 'Manual control panel' el cual permite que las presiones y las servo-válvulas sean controladas antes de que el ensayo comience.

New test… Inicia el procedimiento para un nuevo ensayo abriendo una ventana que permite al usuario escoger un nombre y una ubicación para el archivo del ensayo, y entonces abre el 'Stage setup panel' para que los parámetros del ensayo sean editados.

Setup… Abre el 'Stage setup panel' para editar los parámetros del ensayo.

Initialize… Inicia el control de los componentes del sistema (controladores de presión, válvulas, dispositivo de cambio volumétrico= antes que un nuevo ensayo sea iniciado y abre el 'Manual control panel'.

Start test… Inicia el ensayo comenzando con la primera etapa.

Unload… Para terminar un ensayo, o por que ha finalizado, o porque necesita ser abortado por alguna razón antes de que este haya finalizado.

Nota: Oprimir el botón 'Unload' antes de que el ensayo haya finalizado causará que el ensayo sea abortado. Lo que llevará a imposibilitar el reinicio del ensayo o recuperarlo una vez que la descarga ha sido confirmada. La información recolectada hasta el momento de la descarga será guardada en la ubicación indicada al inicio.

Advertencia: En ningún momento, por ninguna razón el usuario debe minimizar ninguna de las ventanas de software del RTC o del Módulo de ensayo 'Stress path', ya que esto incurrirá en que la ventana no pueda ser re-abierta y el ensayo tendrá que ser abortado. Si requiere cambiar de ventana el usuario podrá utilizar la opción Alt+Tab o picar sobre la ventana a la que quiere ingresar.

Ahora se conecta el RTC:

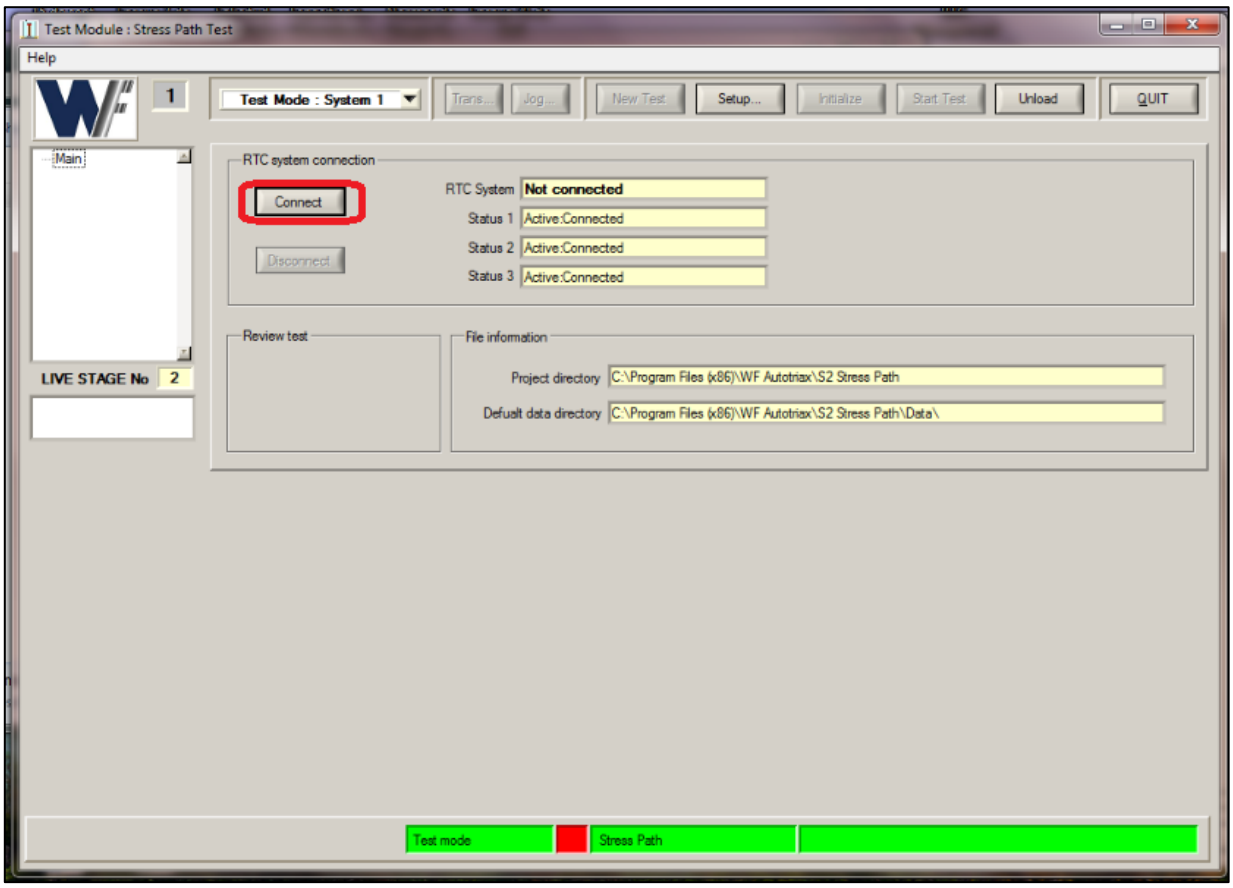


Figura 5-7 Conexión del RTC

Se oprime sobre el botón 'New test' y se dirige hacia la opción 'Test setup' del árbol de navegación:

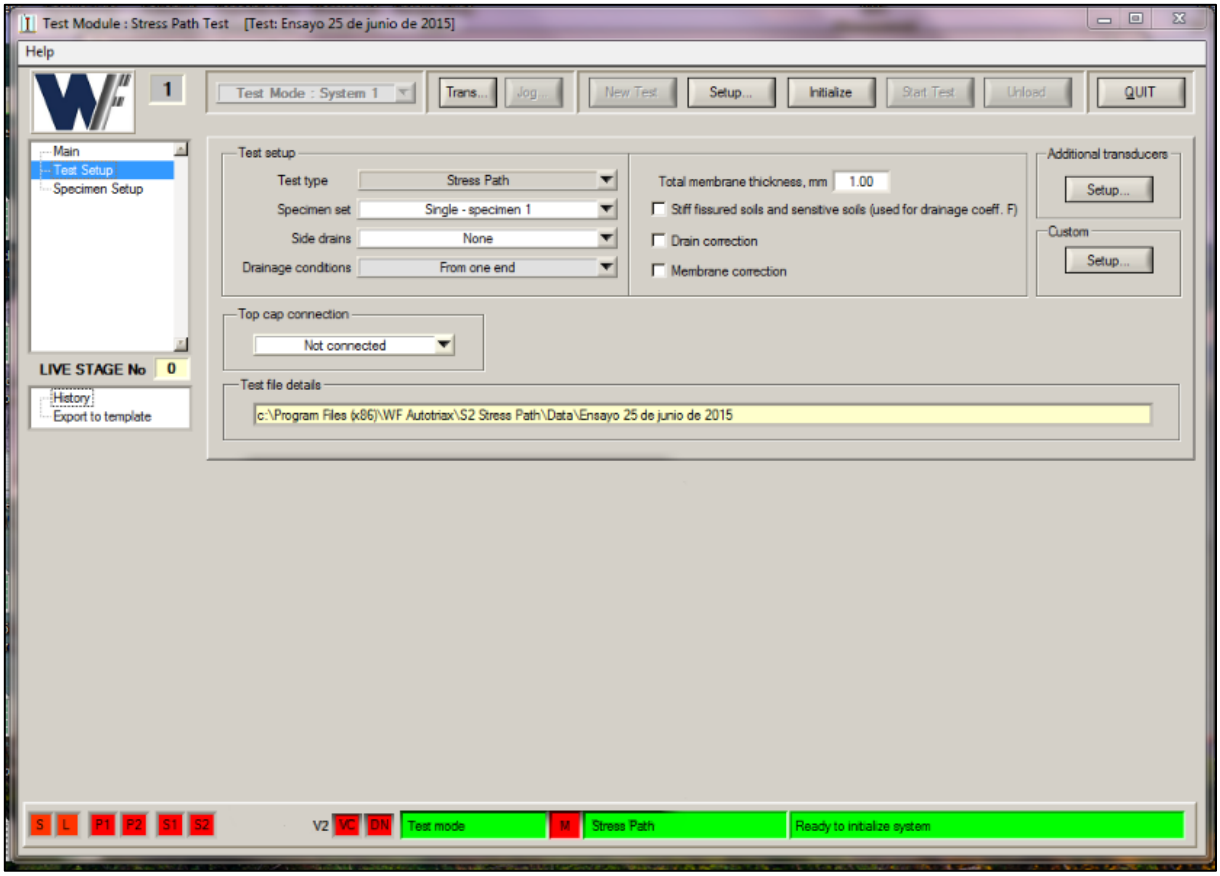


Figura 5-8 Panel de test setup

Recuadro 'Test setup'

- Test setup: el tipo de ensayo está predeterminado.
- Specimen set: El programa lo requiere cuando hay más de una una muestra, y que por consiguiente se tenga más de un sistema triaxial.
- Side drains: Permite seleccionar entre las opciones de drenes laterales que se le pueden colocar a la muestra:
    - 'None': cuando no se le colocan drenes laterales a la muestra.
    - 'Vertical': cuando los drenes laterales son colocados verticalmente de la base a la parte superior de la muestra.
    - 'Spiral': cuando los drenes laterales son colocados en forma de espiral de la base a la parte superior de la muestra.
- Drainage conditions: Muestra el tipo de condiciones de drenaje, de acuerdo con el tipo de drenes laterales seleccionados. Esta opción está predeterminada.
- Top cap connection: Sirve para seleccionar el tipo de conexión entre el cabezal y la celda de carga. Se puede escoger entre las siguientes dos opciones:
    - 'Not connected': si la celda de carga no está unida al cabezal.

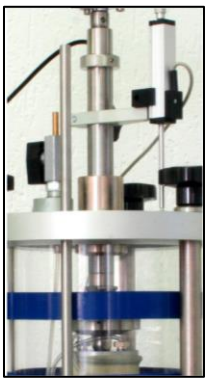


Figura 5-9 Tipo de conexión 'Not connected'. Tomado de 'Stress path test module software'

- 'Connected': si la celda de carga está conectada al cabezal.

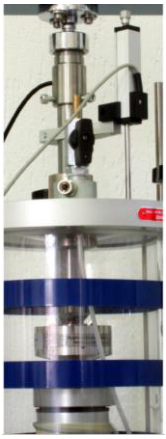


Figura 5-10 Tipo de conexión 'Connected'. Tomado de 'Stress path test module software'

- Total membrane thickness: Para ingresar el espesor total de la membrane usada en el specimen en milímetros.
- Stiff fissured soils and sensitive soils (used for drainage coeff. F): Para especificar la sensibilidad del suelo de modo que el coeficiente F apropiado será usado para calcular el tiempo de ensayo (t_f).
  Para suelos rígidos fisurados o suelos sensibles, la casilla deberá ser marcada. En este caso el valor del coeficiente F para ensayos drenados será usado tanto para ensayos drenados como para ensayos no drenados.
  Para suelos no sensibles que se deforman de forma plástica, la casilla deberá dejarse vacía, en este caso el valor del coeficiente F para un ensayo no drenado será usado.
- Casilla de corrección por drenado: Para especificar si la corrección por drenado será retirada del cálculo de esfuerzo desviador.
  El valor de las correcciones por drenado dependen del tipo de drenajes laterales que fueron seleccionados.
- Casilla de corrección por membrana: Para especificar si la corrección por membrana será retirada del cálculo del esfuerzo desviador.

El valor de la corrección por membrana depende del espesor total de la membrana que fue ingresado.

- Botón 'Setup' del recuadro 'Additional transducers': Para seleccionar que sensores locales serán usados durante el ensayo.
  Las funciones en el panel solo estarán disponibles para los sensores locales que hayan sido asignados al sistema triaxial en el software del RTC.
  A continuación se muestra la ventana que se despliega al hacer clic sobre el botón 'Setup' del recuadro 'Additional transducers':

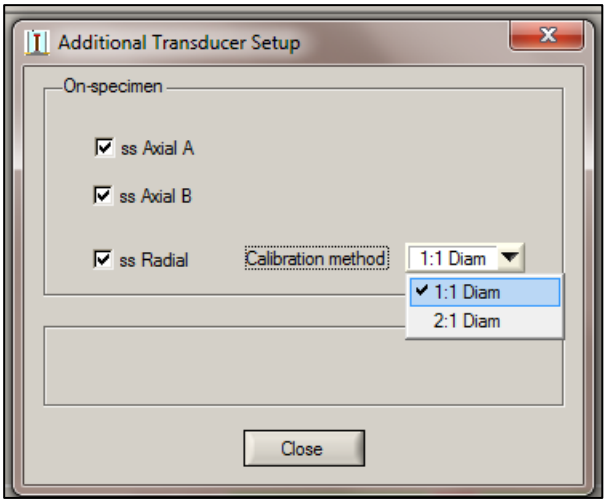


Figura 5-11 Panel ajuste de sensores locales

  - Casilla 'ss Axial A': para especificar si el sensor local axial A será usado en el ensayo actual. Marque la casilla si el transductor está siendo usado. Las funciones del transductor entonces serán habilitadas a lo largo del Módulo de ensayo.
  - Casilla 'ss Axial B': para especificar si el sensor local axial B será usado en el ensayo actual. Marque la casilla si el transductor está siendo usado. Las funciones del transductor entonces serán habilitadas a lo largo del Módulo de ensayo.
  - Casilla 'ss Radial': para especificar si el sensor local radial será usado en el ensayo actual. Marque la casilla si el transductor está siendo usado. Las funciones del transductor entonces serán habilitadas a lo largo del Módulo de ensayo.
  - Opción 'Calibration method': para seleccionar el método por el cual el sensor local radial ha sido calibrado.
    Seleccione '1:1 Diam' si el transductor ha sido calibrado para medir directamente el cambio del diámetro directamente.
    Seleccione '2:1 Diam' si el transductor ha sido calibrado para medir el cambio en desplazamiento: las lecturas serán entonces divididas por 2 para tomar en cuenta el movimiento relativo del cinturón radial con bisagras.

Ahora se da clic sobre la opción 'Specimen setup' del árbol de navegación, acá se colocará la información de la muestra y del suelo:

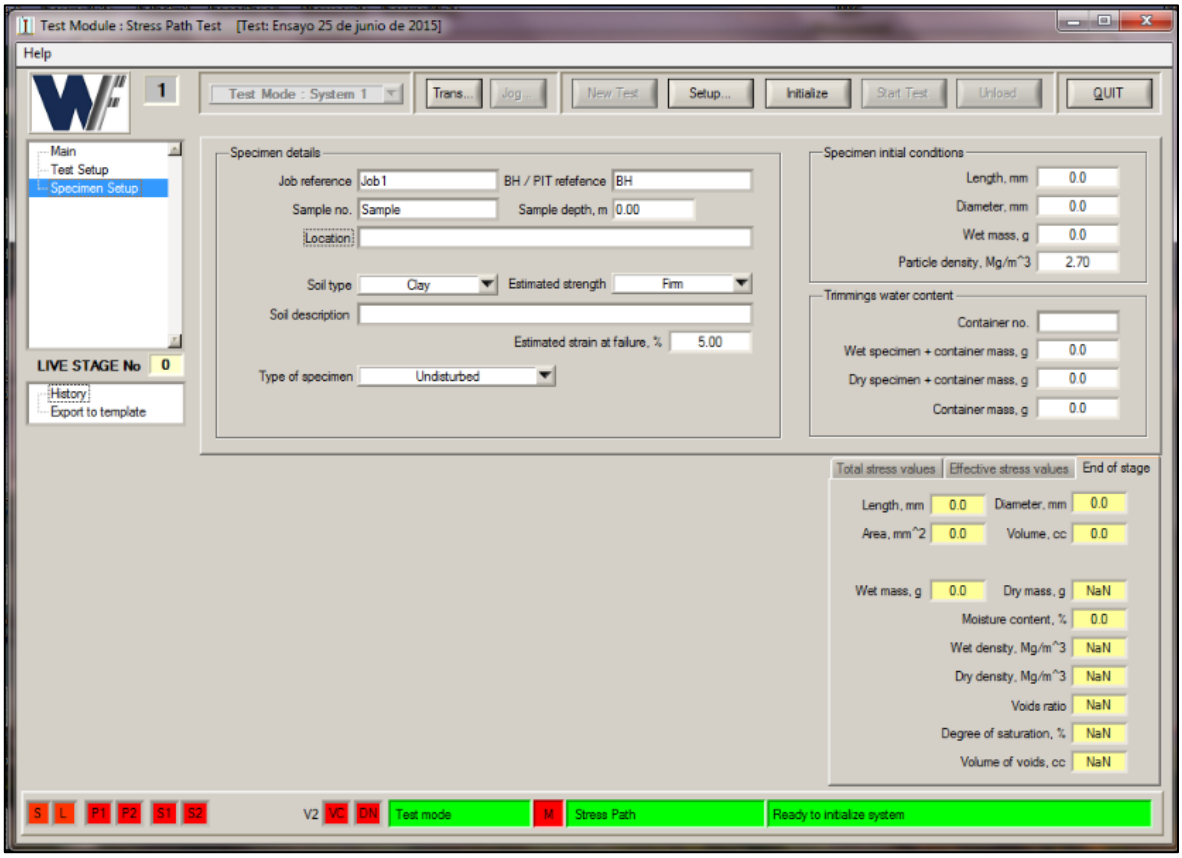
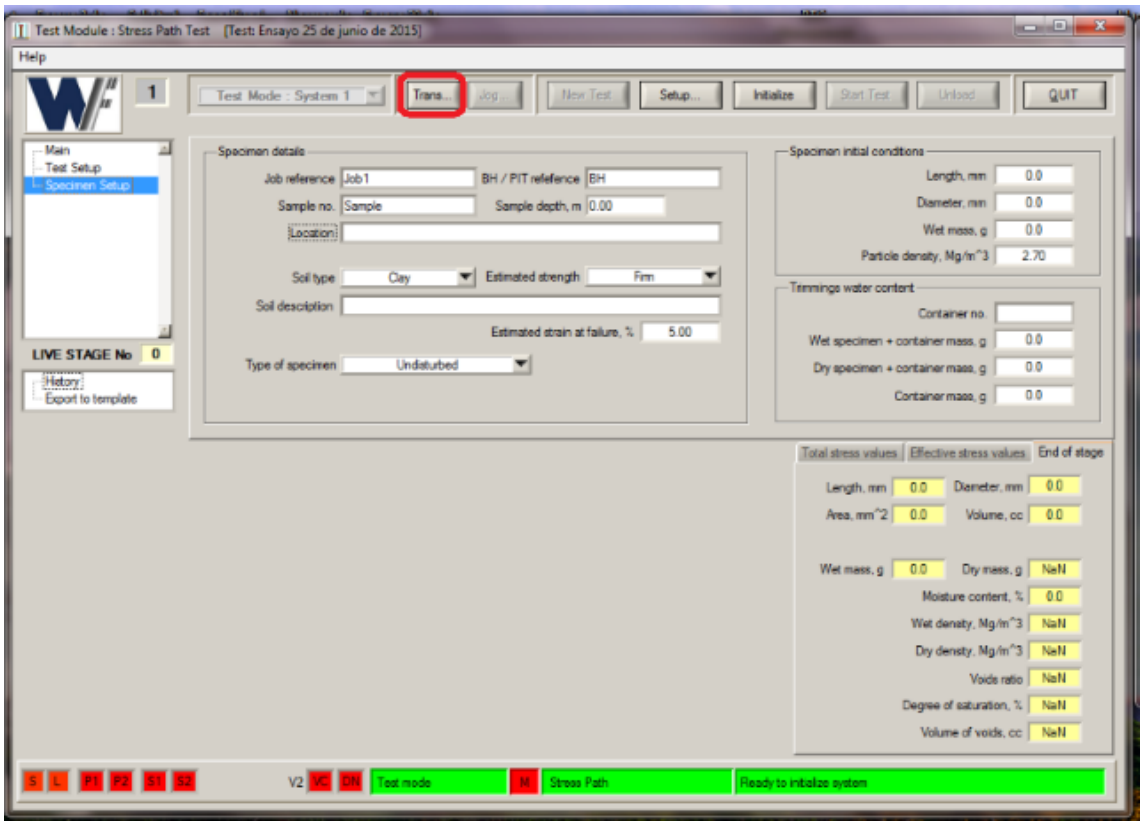


Figura 5-12 Panel de Specimen setup

- Recuadro 'Specimen details': para ingresar la información general del espécimen:
  - Job reference: el número de referencia del proyecto o trabajo.
  - BH/Pit reference: el nombre o número del sondeo o apique del que la muestra fue tomada.
  - Sample number: el nombre o número de la muestra.
  - Sample depth: la profundidad, en metros, a la cual la muestra fue tomada.
  - Localización: el nombre de la localización o sitio del cual la muestra fue tomada.
  - Soil type: el tipo de suelo que mejor describe el principal constituyente del espécimen. Se puede escoger entre 'Clay' (arcilla) o 'Sand' (arena).
  - Estimated strength: el esfuerzo cortante no drenado estimado de la muestra, usando los términos dados en la norma BS5390:1190. Se podrá escoger entre las siguiente opciones:
    'Very soft' (muy suave): para un esfuerzo cortante no drenado de 0-20 kPa.
    'Soft' (suave): para un esfuerzo cortante no drenado de 20-40 kPa.
    'Firm' (firme): para un esfuerzo cortante no drenado de 40-75 kPa.
    'Stiff' (rígido): para un esfuerzo cortante no drenado de 75-150 kPa
    'Very stiff' (muy rígido): para un esfuerzo cortante no drenado de 150-300 kPa.

'Hard' (duro): para un esfuerzo cortante no drenado de más de 300 kPa.
  - Soil description: una breve descripción visual del suelo.
  - Estimated strain at failure: la deformación estimada, en porcentaje, a la cual la falla se espera que ocurra.
  - Type of specimen: si el espécimen fue preparado de una muestra remoldeada o inalterada. Las dos opciones disponibles que el software mostrará serán: 'Undisturbed' (inalterada) o 'Disturbed' (remoldeada).
- Recuadro 'Specimen initial conditions': Para ingresar los siguietes valores para las condiciones iniciales del espécimen:
  - Length: la longitud o altura del espécimen, en milímetros.
  - Diameter: el diámetro del espécimen, en milímetros.
  - Wet mass: la masa inicial del espécimen en gramos.
  - Particle density: la gravedad especifica de las partículas sólidas del espécimen, en mega gramos por metro cúbico. Si este dato no es conocido, ingrese un valor estimado.
- Recuadro 'Trimmings water content': para ingresar valores para calcular el contenido de agua de los trozos de suelo:
  - Container no.: el nombre o número que identifica el contenedor, tarro o bandeja.
  - Wet specimen + container mass: la masa del contenedor con los trozos de suelo dentro, antes del secado, en gramos.
  - Dry specimen + container mass: la masa del contenedor con los trozos de suelo dentro, después del secado, en gramos.
  - Container mass: la masa del contenedor vacío, en gramos.
- Recuadro 'End of stage values': muestra los siguientes valores calculados para el espécimen:
  - Length: el valor actual de longitud o altura, en milímetros.
  - Diameter: el diámetro actual, en milímetros.
  - Area: el área transversal actual, en milímetros cuadrados.
  - Volume: el volumen actual, en centímetros cuadrados.
  - Wet mass: la masa actual, en gramos.
  - Dry mass: la masa seca actual, en gramos.
  - Moisture content: el contenido de humedad, en porcentaje.
  - Wet density: la densidad húmeda o bulk, en mega gramos por metro cúbico.
  - Dry density: la densidad seca, en mega gramos por metro cúbico.
  - Voids ratio: la relación del volumen de vacíos de aire con el volumen de suelo en el espécimen.
  - Degree of saturation: el grado de saturación, en porcentaje.
  - Volume of voids: el volumen de vacíos, en centímetros cúbicos.

Ahora se da clic sobre el botón 'Trans', lo cual abrirá la ventana de las medidas en tiempo real de los transductores, a los cuales se hace referencia en orden descendente a continuación:



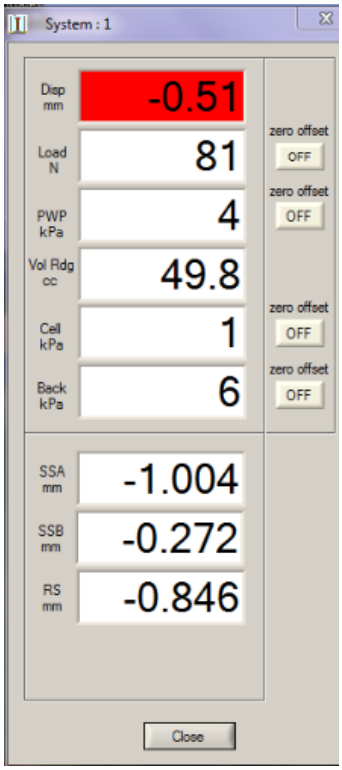


Figura 5-13 Panel de lectura de transductores

- Lectura del transductor de desplazamiento axial externo externo.
- Lectura de la celda de carga, si la celda de carga es del tipo 'connected' la medida debe ser reseteada antes de que el control de carga este activado; si la celda de carga es del tipo 'Not connected', la medida podrá ser reseteada en cualquier momento antes de que comience la primer trayectoria de esfuerzo o etapa de corte monotónico.
- Lectura del transductor de presión de poros, esta lectura solo se puede resetear antes de que comience el ensayo, para resetear la lectura primero se abre la válvula mecánica que conecta este transductor con el medio ambiente, se da clic en el botón a la derecha del recuadro y se dejará como lectura inicial la presión atmosférica del recinto, luego se cierra la válvula mecánica.
- Lectura del dispositivo de cambio volumétrico.
- Lectura del transductor de presión de cámara; si esta lectura debe ser llevada a cero solo se debe hacer antes de que el ensayo haya comenzado, no en otro momento – la lectura debe permanecer como un valor absoluto.
- Lectura del transductor de contra presión; si esta lectura debe ser llevada a cero solo se debe hacer antes de que el ensayo haya comenzado, no en otro momento – la lectura debe permanecer como un valor absoluto.
- Lectura del sensor local axial A, este indicador solo será visible si 'ss Axial A' está habilitado en el panel de 'Additional transducer setup'.
- Lectura del sensor local axial B, este indicador solo será visible si 'ss Axial B' está habilitado en el panel de 'Additional transducer setup'.
- Lectura del sensor local radial, este indicador solo será visible si 'ss Radial' está habilitado en el panel de 'Additional transducer setup'.

Nota: 'ON' indica que el canal ha sido reseteado; 'OFF' indica que la lectura del canal es el valor real, es decir, esta lectura no ha sido reseteada.

Ahora se le da clic en el botón 'Setup', para configurar las etapas del ensayo:

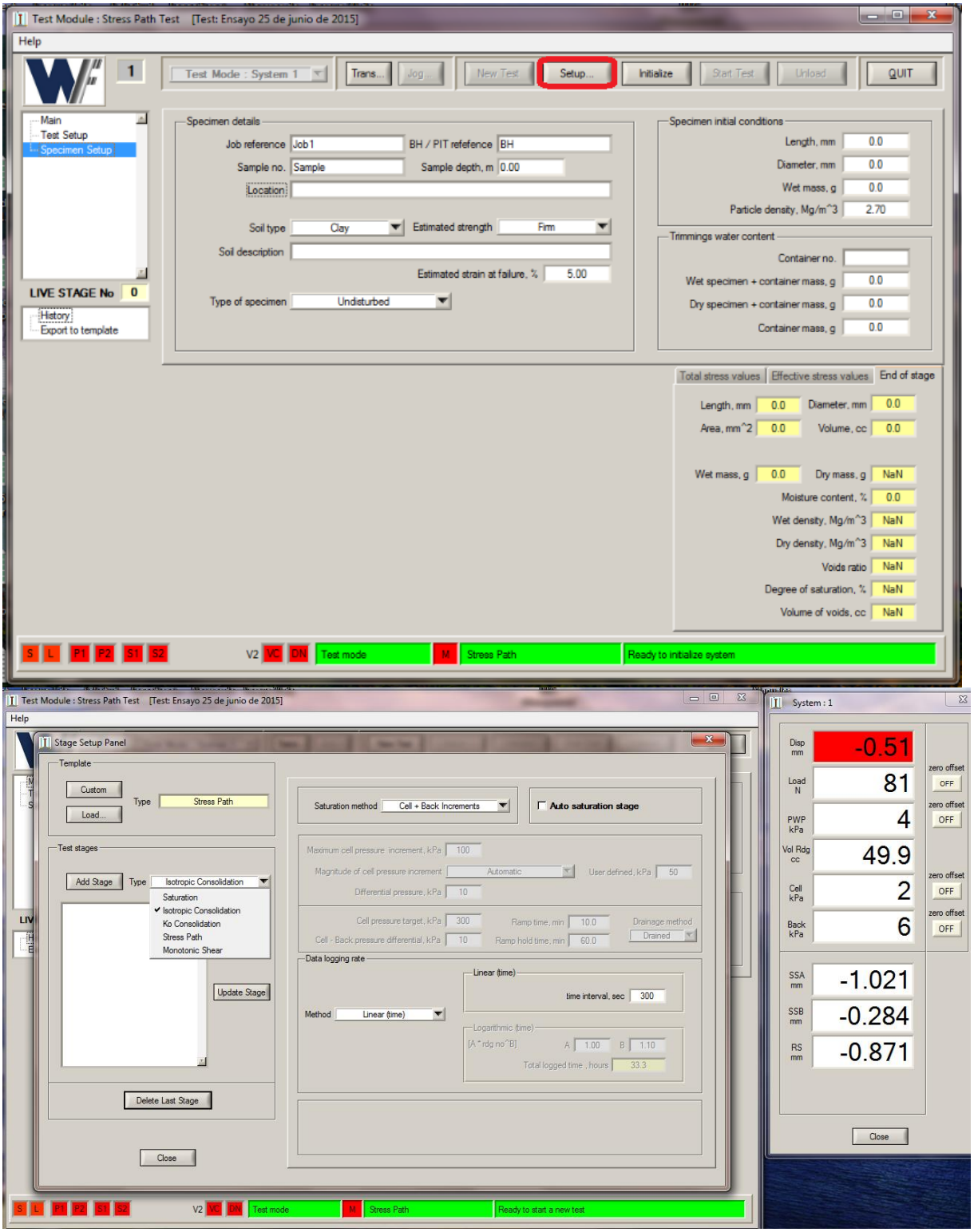


Figura 5-14 Ingreso al Stage setup panel

El panel contiene funciones para seleccionar las etapas del ensayo y especificar los parámetros para cada etapa.

Las etapas pueden ser cambiadas, removidas o adicionadas siempre y cuando no se hayan dado inicio.

- Indicador de tipo de plantilla: indica el tipo de plantilla que ha sido seleccionada para el ensayo. La plantilla define que etapa serán ejecutadas durante el ensayo. El tipo de plantilla puede ser 'Custom' (acostumbrada) la cual permite al usuario crear una nueva plantilla, o también puede ser una plantilla que fue usada en un ensayo anterior. En este caso, el nombre del ensayo anterior será mostrado en este indicador.

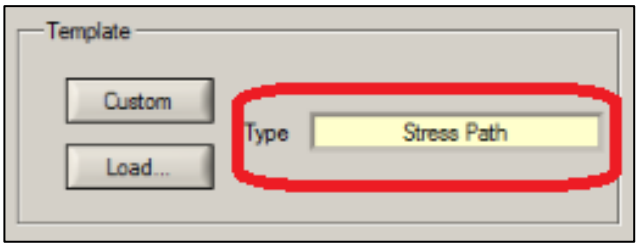


Figura 5-15 Tipo de ensayo

- Botón 'Custom': Carga una plantilla vacía para permitirle al usuario crear una nueva plantilla adicionando hasta 20 etapas en cualquier combinación.

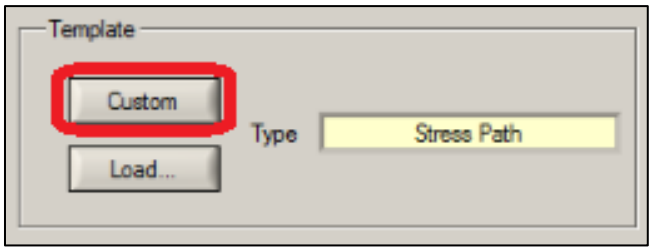


Figura 5-16 Botón Custom

- Botón 'Load': Abre una ventana la cual permite al usuario seleccionar una plantilla de un ensayo anterior.

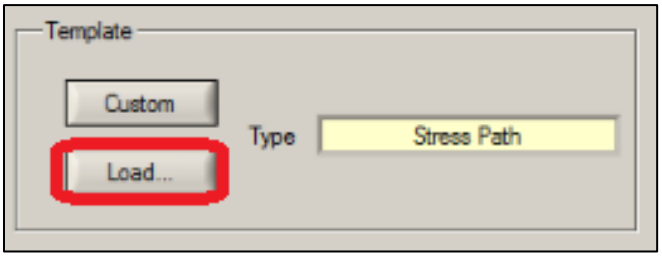


Figura 5-17 Botón Load

Figura 5-18 Cargar una plantilla

Cargar la plantilla agregará la lista de etapas de ensayo y cargará los parámetros utilizados en dichas etapas.

- Recuadro 'Test stages', acá el usuario podrá cargar las etapas que desee escogiéndolas una por una de la lista y dándole clic en el botón 'Add stage', la lista de las etapas irá apareciendo en el recuadro bajo en blanco. Si durante la configuración se realiza un cambio a la etapa se debe dar clic en el botón 'Update stage' para que dicho cambio sea guardado. El botón 'delete stage' borrará la última etapa en la fila, más no la última a la que se le hayan hecho cambios.

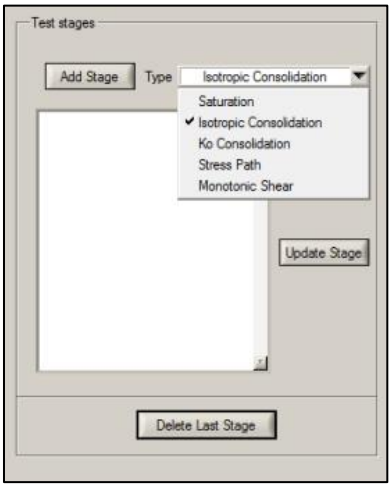


Figura 5-19 Recuadro etapas del ensayo

5.1. Configurar una etapa de saturación

Se selecciona 'Saturation' del recuadro 'Test stages' y se ingresan los siguientes parámetros:

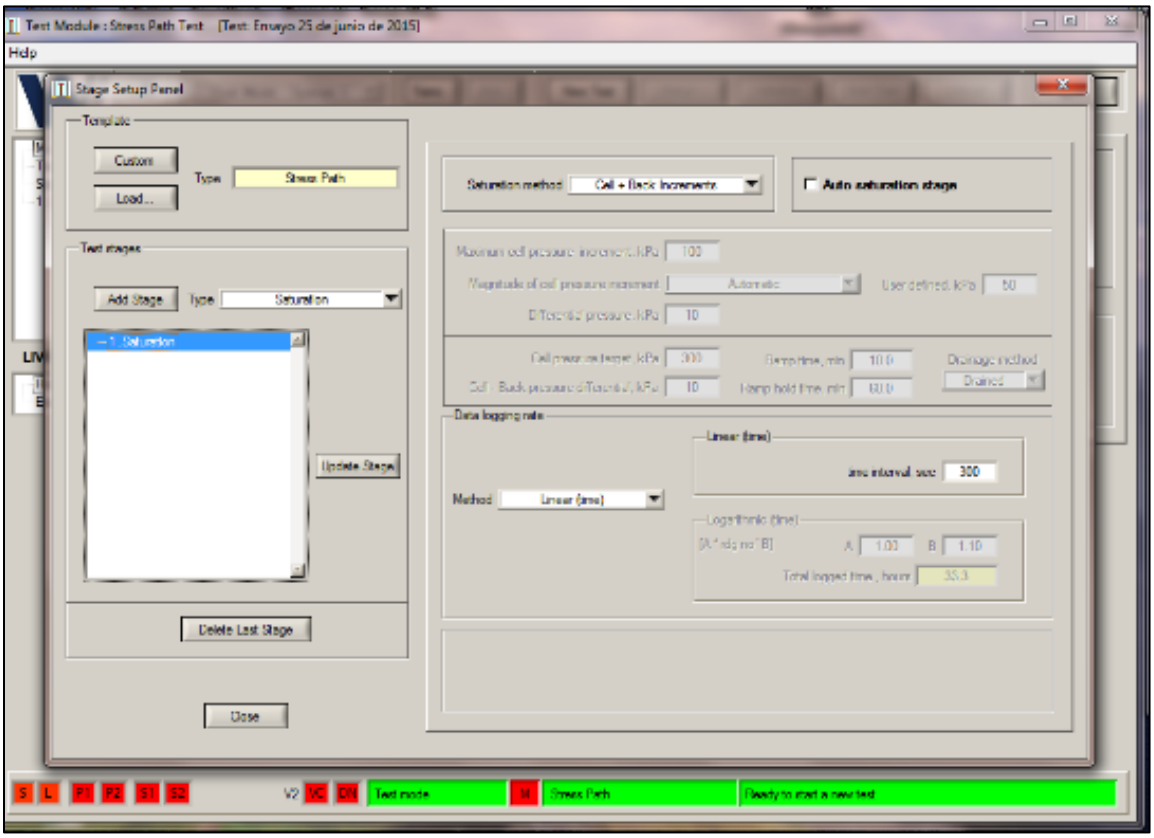


Figura 5-20 Panel de ajustes de etapa

- Saturation method: se selecciona 'Cell + Back increments' (para saturación del espécimen a través de incrementos de presión de cámara y contra presión); 'Cell increments' (para saturación a través de incrementos de solo la presión de cámara) o 'Cell + Back ramp' (para saturación a través de un continuo, simultaneo incremento de la presión de cámara y contra presión). Este parámetro no se podrá cambiar una vez que la saturación haya comenzado.
- Auto stage check box: se deja sin marcar. Este parámetro no se podrá cambiar una vez que la saturación haya comenzado.
- Data logging method: Seleccione 'Linear (time)' o 'Logarithmic (time)'. Este parámetro no se podrá cambiar una vez que la saturación haya comenzado.
- Data logging rate: si se seleccionó 'Linear (time)' en la opción anterior, ingrese el intervalo de tiempo que usted requiere entre lecturas en segundos. Si se seleccionó 'logarithmic (time)', ingrese un apropiado factor A y B para obtener la tasa de registro apropiada.
  El intervalo de tiempo linear será dejado como desbloqueado y puede ser cambiado durante el ensayo si es necesario.
  Los valores por defecto para A y B son A=0,25 y B=2. Usando estos valores dan valores cercanos a los intervalos sugeridos por la norma BS1377 para registrar una consolidación.

El usuario estará imposibilitado en cambia los factores una vez la saturación ha comenzado.

Los archivos de datos tienen una capacidad de 1000 lecturas. SI se escogió una tasa de registro logarítmica, cuando el archivo este lleno el registro de información se detendrá. El número de horas de registro se mostrará en el recuadro de 'Total logged time, hours'.

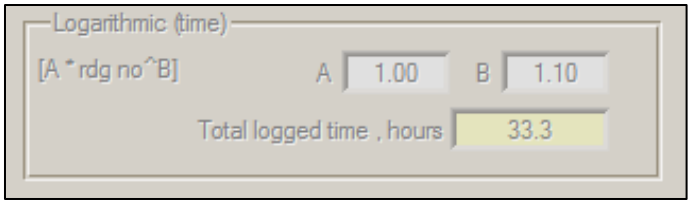


Figura 5-21 Recuadro Logarithmic (time)

Verifique que el tiempo es suficiente para cubrir con la duración estimada para cada incremento o el de la rampa. (Para el método de saturación 'Cell + Back increments' o 'Cell increments', cada incremento será registrado por separado. Para 'Cell + back ramp', la etapa será registrada como un archivo continuo).

- Oprima el botón 'Update stage' para guardar las modificaciones.
- Oprima el botón 'Close' para cerrar el panel.

5.2. Configurar una etapa de consolidación isotrópica

Se selecciona 'Isotropic consol' del recuadro 'Test stages' y se ingresan los siguientes parámetros:

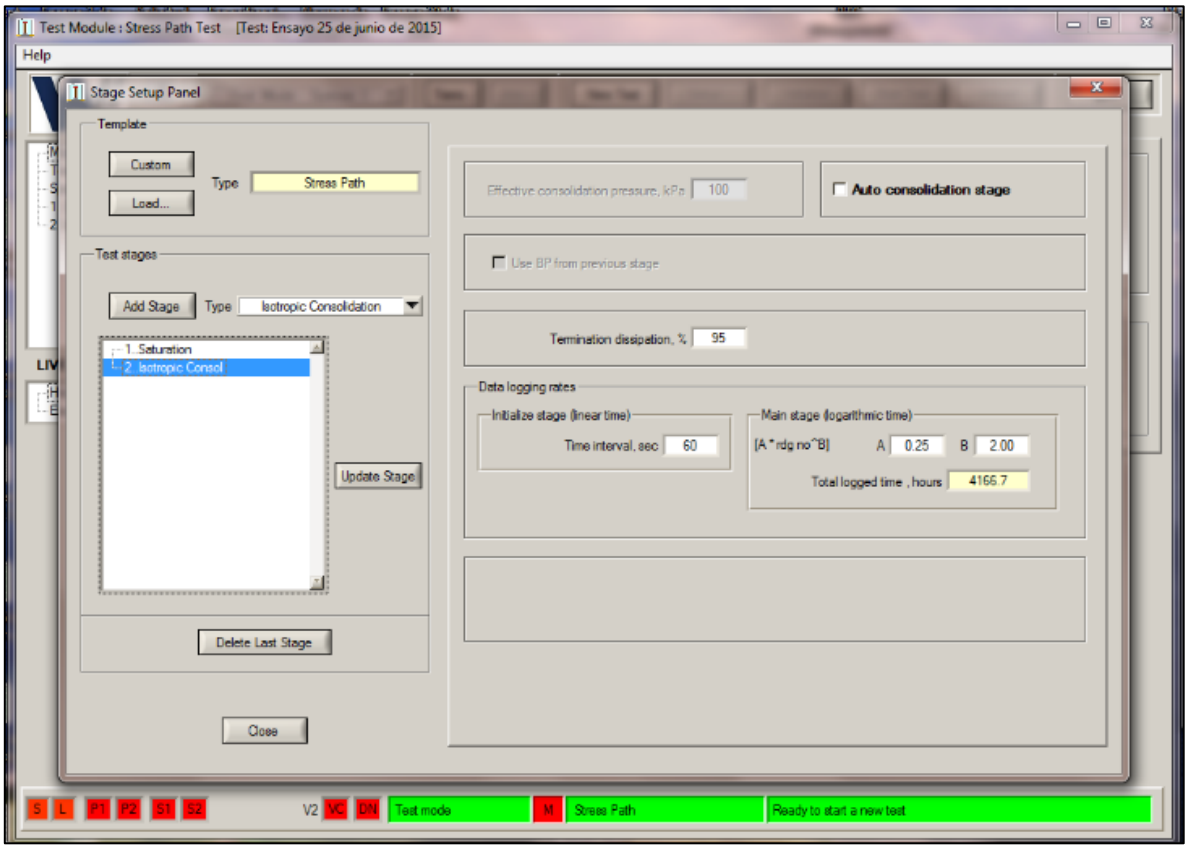


Figura 5-22 Panel de consolidación isotrópica

- Auto stage check box: se deja sin marcar.
- Termination dissipation: ingrese la cantidad de disipación de presión de poros que debería ocurrir antes de que la etapa haya terminado. Si se finaliza la consolidación antes que el valor se haya alcanzado, un mensaje de advertencia será mostrado.
- Data logging rates: Para la etapa de inicialización, ingrese el intervalo de tiempo que usted requiere entre lecturas, en segundos.
  La etapa de inicialización es la etapa antes de la consolidación durante la cual las presiones son llevadas a su valor objetivo.
  Para la etapa principal, ingrese los valores apropiados para los factores A y B para obtener su rango de adquisición de datos requerido.
  Los valores por defecto son A=0,25 y B=2. Usando estos factores darán valores cercanos a los intervalos sugeridos por la norma BS1377 para grabar una consolidación.

El archivo de datos tiene una capacidad de 1000 lecturas. Cuando el archivo está lleno, la recopilación de información se detendrá. El número de horas de registro se mostrará en el recuadro de 'Total logged time, hours'.

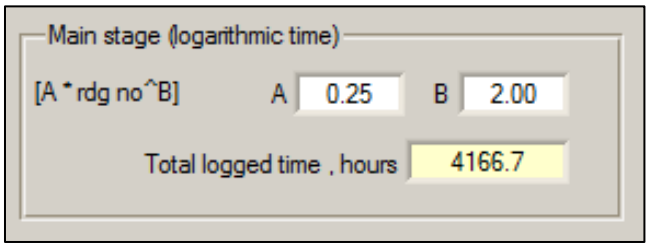


Figura 5-23 Recuadro para especificar tiempo de recolección de datos

Verifique que el tiempo es suficiente para cubrir la duración estimada de la consolidación. No será posible cambiar los factores una vez la consolidación ha iniciado.

- Oprima el botón 'Update stage' para guardar las modificaciones.
- Oprima el botón 'Close' para cerrar el panel.

5.3. Configurar una etapa de trayectoria de esfuerzos

Se selecciona 'Stress path' del recuadro 'Test stages' y se ingresan los siguientes parámetros:

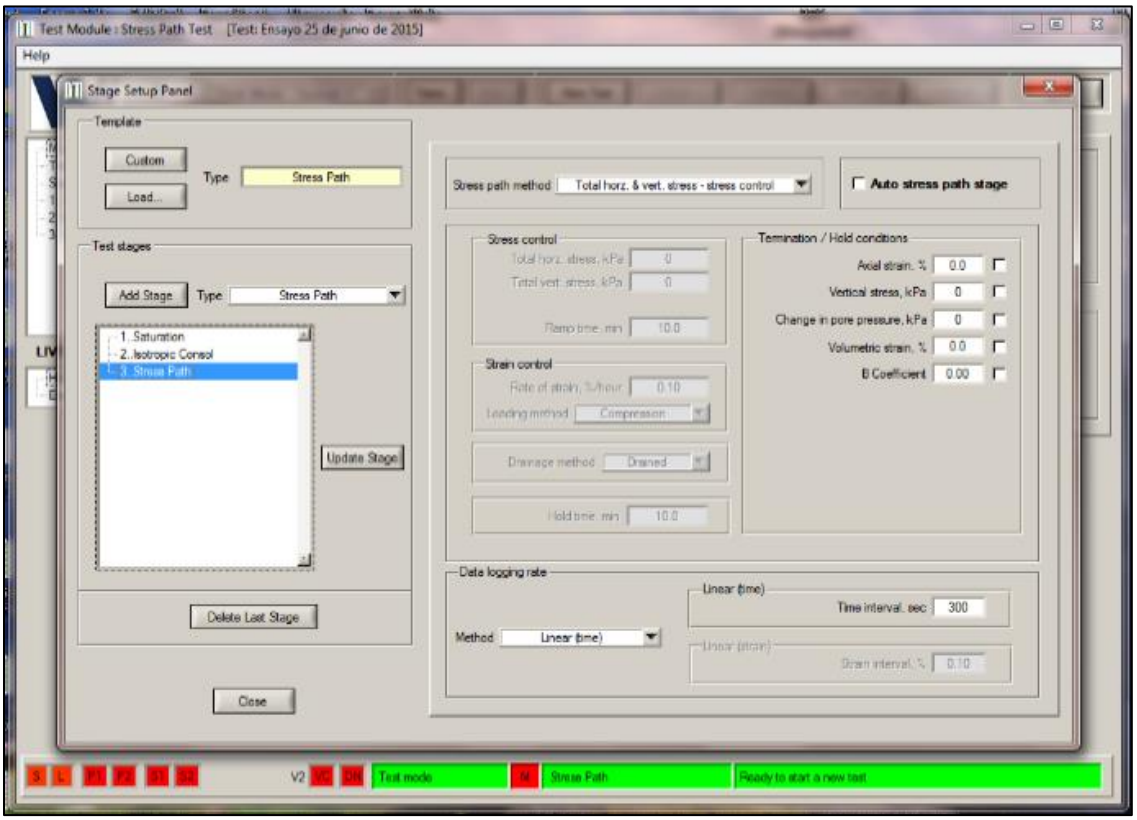


Figura 5-24 Panel de configuración de trayectoria de esfuerzo

- Stress path method: se seleccionan de entre las opciones si se quiere que la trayectoria de esfuerzos sea del tipo 'Stress controlled' (Control por esfuerzo) o 'Strain controlled' (Control por deformación), y si es 'Stress controlled', que tipo de esfuerzos se quiere que sean usados como objetivos. No será posible cambiar este parámetro una vez la trayectoria de esfuerzo ha iniciado.
- Auto stage check box: se deja sin marcar.
- Termination / hold conditions: si se requiere, marque el recuadro de la condición a la cual se quiere que la trayectoria de esfuerzos se detenga e ingrese un valor.
  Si usted selecciono 'Total vert. Stress – strain control' para el 'Stress path method', usted debe seleccionar una condición de terminación de la lista o la trayectoria de esfuerzos continuará hasta que el límite del sistema sea alcanzado.
  Si usted selecciono una de las opciones de 'Stress control' para el 'Stress path method', el sistema continuará hasta qe alguno de los esfuerzos objetivo sean alcanzado o hasta que una de las condiciones de terminación marcadas sea alcanzada, el que sea alcanzado primero.
  Si más de una condición es especificada, la que sea primero alcanzada determinará cuando se detendrá la etapa.

Data logging method: Seleccione 'Linear (time)' o 'Linear (strain)'. No será possible cambiar este parámetro una vez la trayectoria de esfuerzo haya comenzado.
Logging interval: si usted selecciono 'Linear (time)', ingrese el 'Time interval' (intervalo de tiempo) que se requiere entre lecturas, en segundos. Si usted selecciono 'Linear (strain)', ingrese el 'Strain interval' (intervalo de deformación) que requiere entre lecturas, en % de deformación axial.

- Oprima el botón 'Update stage' para guardar las modificaciones.
- Oprima el botón 'Close' para cerrar el panel.

5.4. Configurar una etapa de consolidación Ko

Se selecciona 'Ko consolidation' del recuadro 'Test stages' y se ingresan los siguientes parámetros:

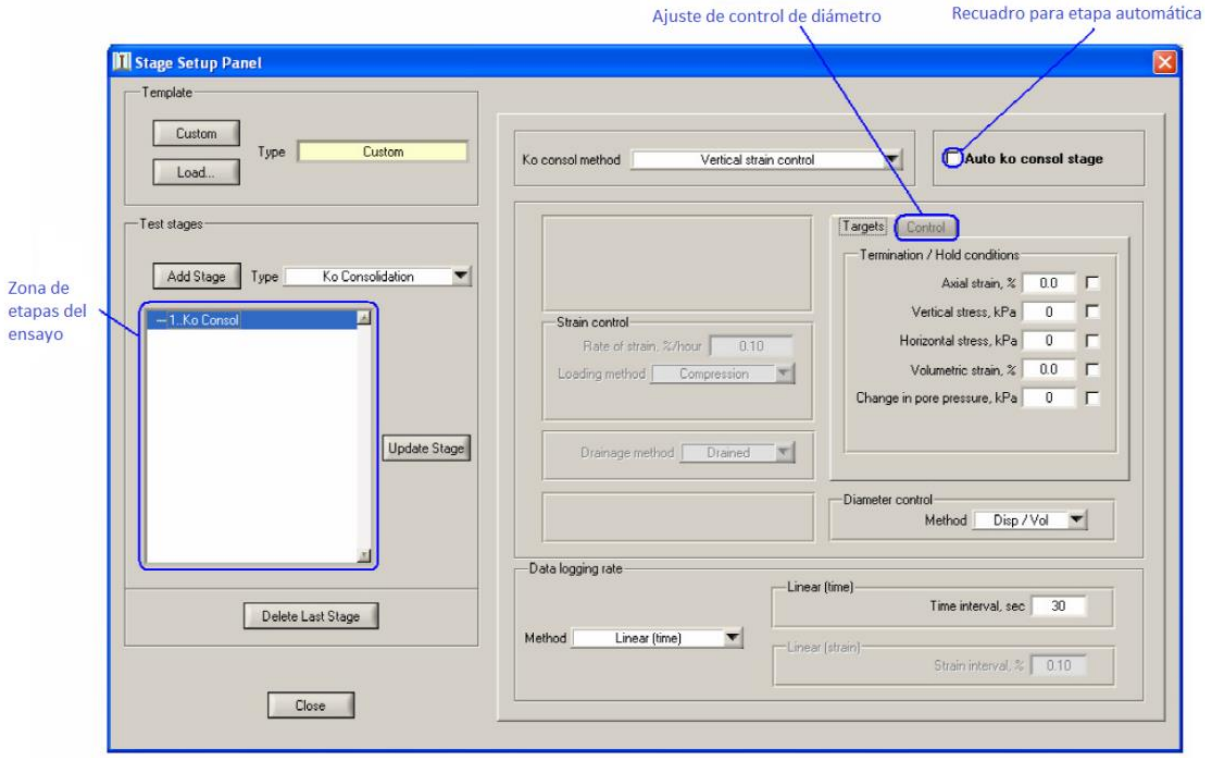


Figura 5-25 Configuración etapa de consolidación Ko

- Auto stage check box (recuadro para etapa automática): se deja sin marcar.
- Termination/hold conditions (condiciones de terminación/retención): se marca el recuadro de la condición con la cual la etapa se detenga, ingrese un valor.
  Usted debe seleccional una condición de terminación de la lista o la etapa continuará hasta que el límite del sistema sea alcanzado.
  Si más de una condición ha sido especificada, la que sea alcanzada primero determinarpa cuando se detendrá la etapa.

- Diameter control setup (ajuste de control de diámetro): de clic en el recuadro 'Control' para ingresar las tolerancias de cambio de diámetro requerido y respuestas de presión de cámara.
- Diameter control method (método de control de diámetro): seleccionar de las opciones si el diámetro del espécimen será controlado por la medición de volumen y cambio de altura ('Disp/Vol') o por la medición de la deformación radial ('Radial belt').
  La opción 'Radial belt' estará disponible si usted ha habilitado el sensor local radial.
- Data logging method (método de recopilación de datos): Seleccione 'Linear (time)' o 'Linear (strain)'. No será posible cambiar este parámetro una vez la trayectoria de esfuerzo ha iniciado.
- Logging interval (intervalo de recopilación): si usted selecciono 'Linear (time)', ingrese el 'Time interval' (intervalo de tiempo) que requiere entre medidas, en segundos. Si usted selecciono 'Linear (strain)', ingrese el 'Strain interval' (intervalo de deformación) que requiere entre lecturas, en % de deformación axial.
- Oprima el botón 'Update stage' para guardar las modificaciones.
- Oprima el botón 'Close' para cerrar el panel.

5.5. Configurar una etapa de corte monotónico

Se selecciona 'Monotonic shear' del recuadro 'Zona de etapas del ensayo' y se ingresan los siguientes parámetros:

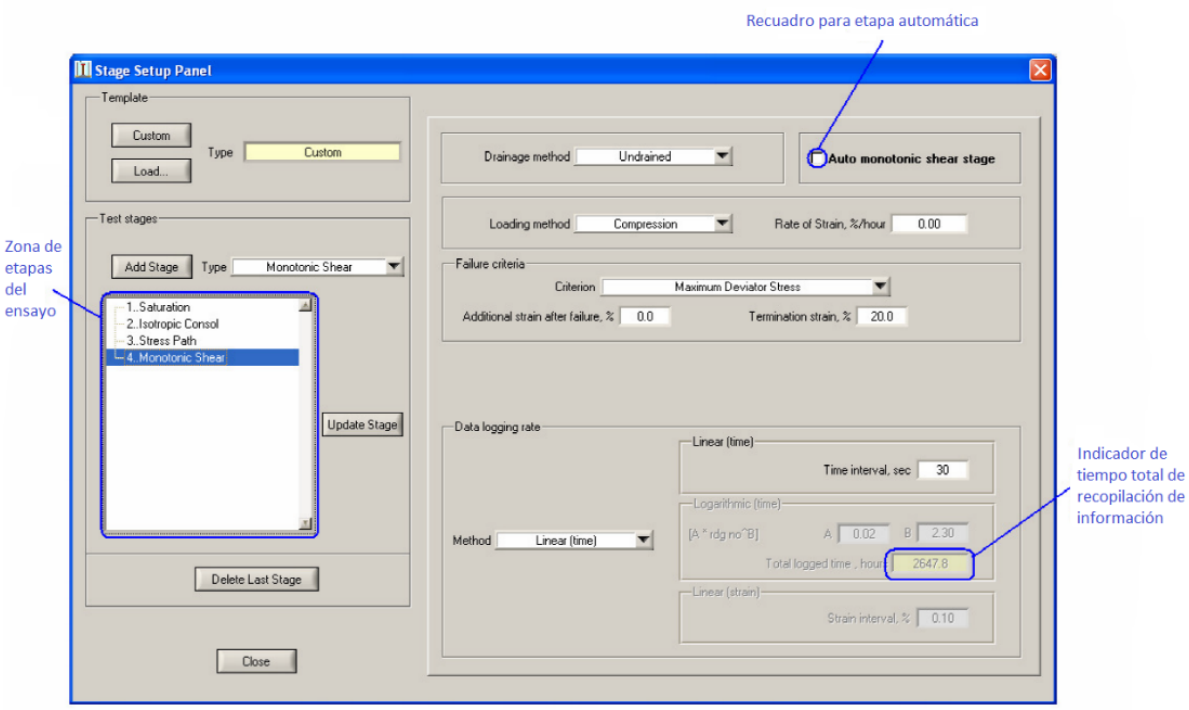


Figura 5-26 Panel de configuración corte monotónico

- Auto stage box (recuadro para etapa automática) se deja sin marcar.

- Failure criteria (criterio de falla): se selecciona el criterio al cual se quiere que la etapa de corte sea detenida. Si usted selecciona 'Use termination strain', la etapa de corte será detenida cuando el valor en la celda de 'Termination strain cell' (terminación por deformación) sea alcanzada.
- Adittional strain after failure (deformación adicional después de la falla): cuando el criterio de falla seleccionado se ha alcanzado, tal vez se quiera que la etapa de corte continue pasada la falla, ingrese la cantidad extra de deformación requerida en esta celda. Esto no aplica si usted selecciono 'Use termination strain' (Usar terminación por deformación) para el criterio.
- Termination strain (terminación por deformación): ingrese la deformación a la cual usted quiere que la etapa de corte sea detenida.
  Si el criterio de falla que se seleccionó no es alcanzado o usted seleccionó 'Use termination strain', la etapa de corte será detenida cuando el valor de deformación ingresado aquí es alcanzado. El valor por defecto es 20 %.
- Data logging method (método de recopilación de datos): seleccione 'Linear (time)', 'Logarithmic (time)' o 'Linear strain'. No será posible cambiar este parámetro una vez la etapa ha iniciado.
- Data logging rate (tasa de recopilación de datos): Si usted selecciono 'Linear (time)', ingrese el intervalo de tiempo que requiere entre lecturas, en segundo. Si usted selecciono 'Linear (strain)', ingrese el intervalo de deformación que usted requiere entre lecturas, en % de deformación axial. Si usted seleccionó 'Logarithmic (time)', ingrese los factores apropiados A y B para obtener la tasa de recopilación requerida. El intervalo de tiempo linear quedará habilitado y puede ser cambiado, si es necesario, durante la etapa.
  Los valores por defecto son A=0,25 y B=2. Usando estos factores darán valores cercanos a los intervalos sugeridos por la norma BS1377 para grabar una consolidación. El archivo de datos tiene una capacidad de 1000 lecturas. Cuando el archivo está lleno, la recopilación de información se detendrá. El número de horas de registro se mostrará en el recuadro de 'Total logged time, hours'.

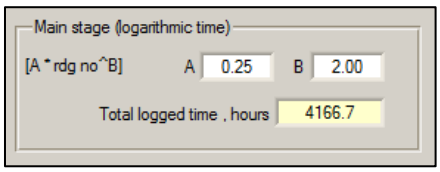


Figura 5-27 Recuadro de tiempo de recolección de datos

Verifique que el tiempo es suficiente para cubrir la duración estimada de la consolidación. No será posible cambiar los factores una vez la consolidación ha iniciado.

- Oprima el botón 'Update stage' para guardar las modificaciones.
- Oprima el botón 'Close' para cerrar el panel.

Ahora, volviendo a la página inicial del software del Stress path, se da clic sobre el botón 'Initialize':

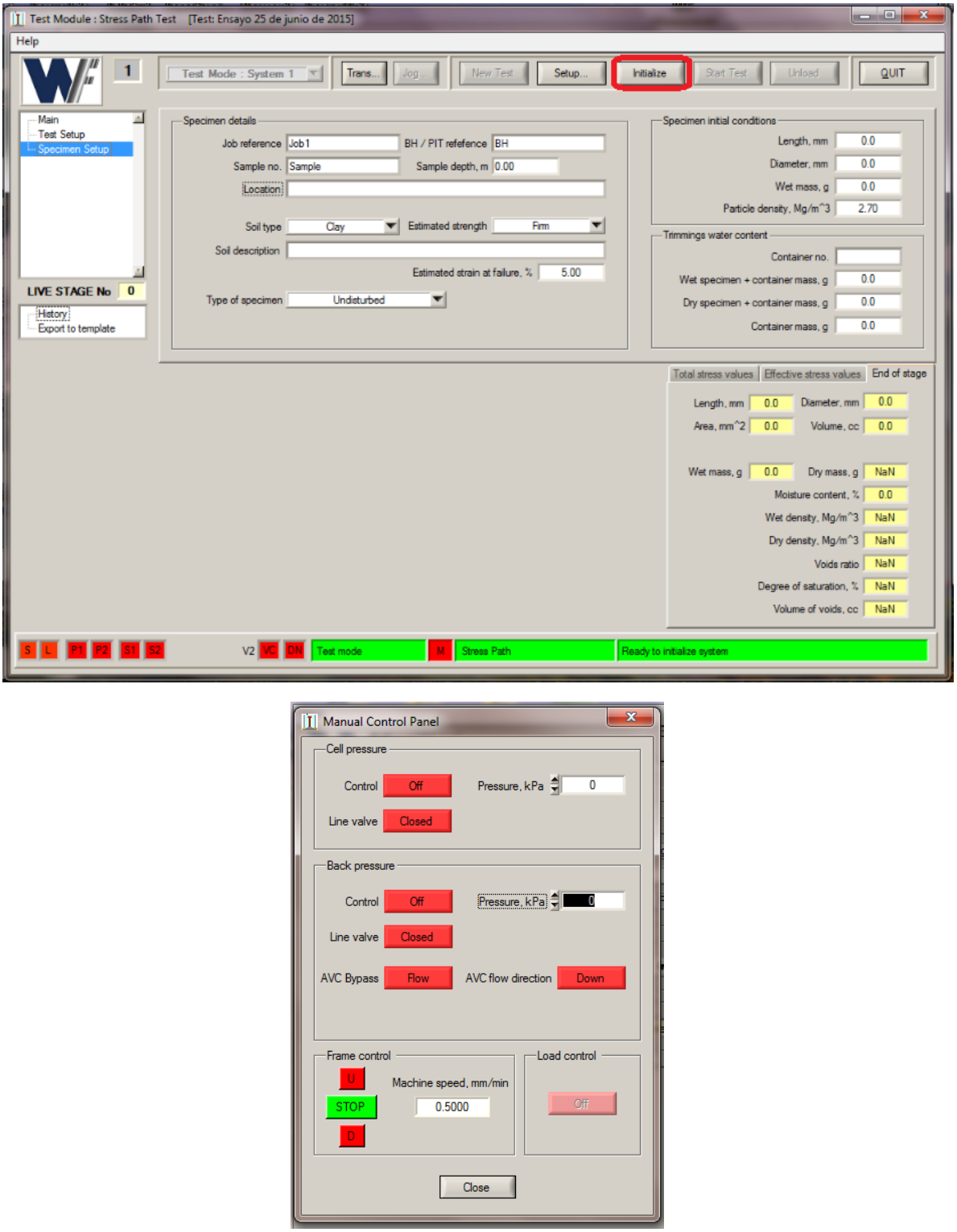


Figura 5-28 Paso de Inicializar

Esta ventana que aparece, permite manipular los controladores de presión hidromáticos de presión de cámara y de contra-presión, y también el marco de carga.

- Recuadro de 'Cell pressure'; este recuadro permite modificar la presión de cámara del sistema. Simplemente se coloca en el recuadro de la derecha la presión a la cual se quiere que el sistema inicie el ensayo, luego se abre la servo válvula dándole clic en el botón de la opción 'Line valve', y luego se inicia la operación dándole clic al botón de la opción 'Control'. Cuando se haya cumplido el objetivo, se suspende la operación y se cierra la servo válvula.

Figura 5-29 Recuadro para presión de cámara

- Recuadro de 'Back pressure'; este recuadro permite modificar la contra-presión del sistema. Simplemente se coloca en el recuadro de la derecha la presión a la cual se quiere que el sistema inicie el ensayo, luego se abre la servo válvula dándole clic en el botón de la opción 'Line valve', y luego se inicia la operación dándole clic al botón de la opción 'Control'. Dado que con el movimiento de este hidromático se puede modificar la posición del medidor de cambio volumétrico, si se desea modificar su posición se deja en el recuadro de 'AVC Bypass' la opción 'Flow' y se modifica la dirección del movimiento en el recuadro de 'AVC flow direction', por otro lado, si no se quiere modificar la posición del medidor de cambio volumétrico en el recuadro 'AVC Bypass' se deja la opción Bypass. Cuando se haya cumplido el objetivo, se suspende la operación y se cierra la servo válvula.

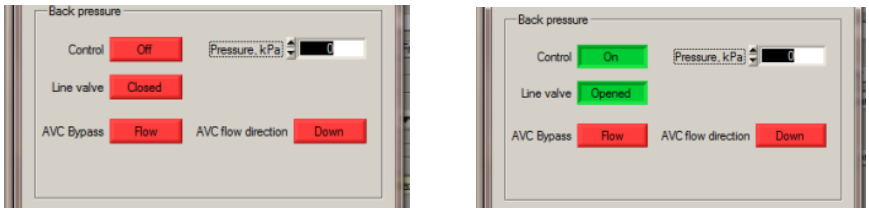


Figura 5-30 Recuadro contra presión

- Recuadro 'Frame control'; este recuadro permite modificar la posición del marco de carga, es decir subirlo y bajarlo a una velocidad especificada por el usuario, pero esta opción está habilitada solo para la conexión de cabezal tipo 'Conected'.

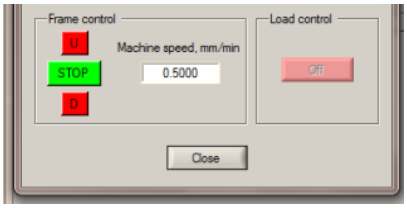


Figura 5-31 Control de marco de carga

Ahora se da clic en 'Start test' para iniciar con el ensayo en el orden en que se programaron las etapas.

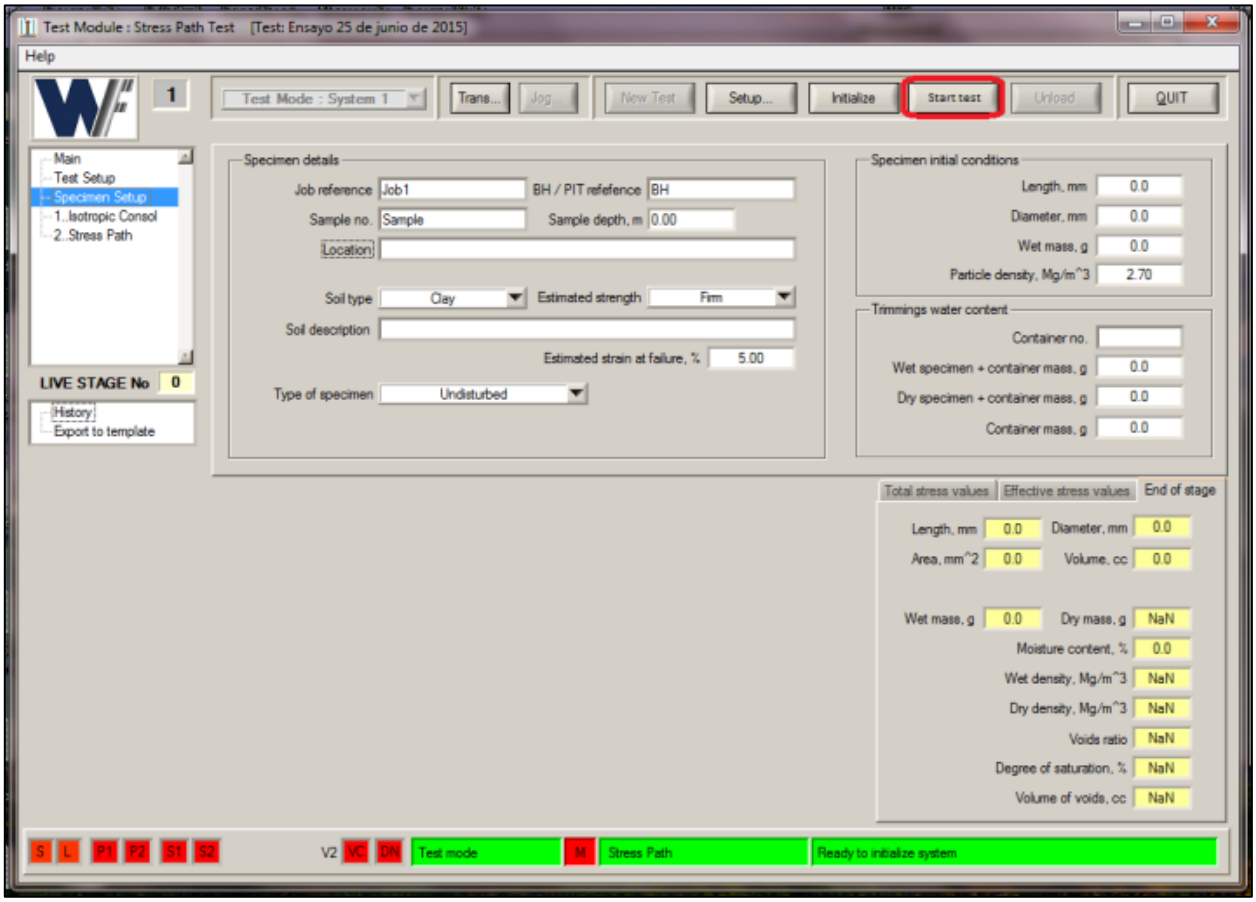


Figura 5-32 Iniciación de ensayo

5.6. Ejecución de una etapa de saturación.

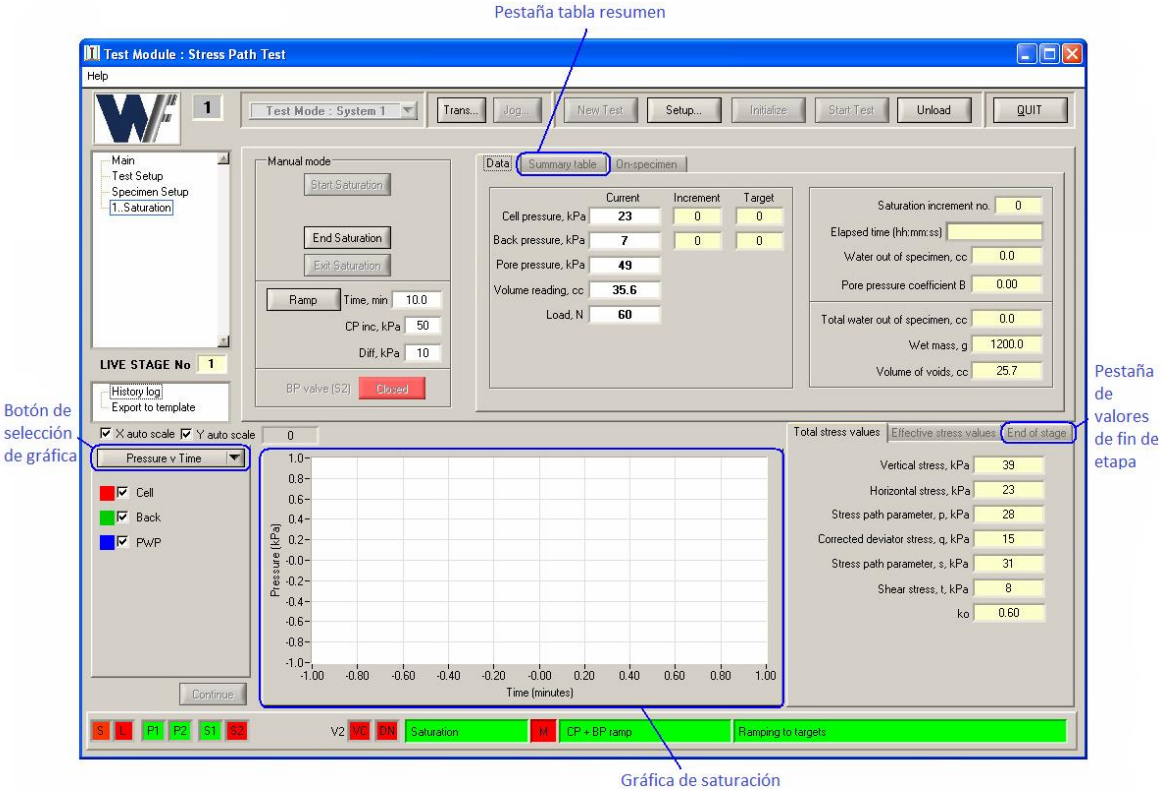


Figura 5-33 Panel de saturación

Estos son los pasos para ejecutar la etapa de saturación:

- Paso 1: Se da clic en el botón 'Start saturation' del panel de saturación (**¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.**).
  Si se seleccionó 'Cell + Back increments' o 'Cell Increments' para el 'Saturation Method', continúe con el siguiente paso. Si usted sellecionó 'Cell + Back Ramp', continúe con el Paso 7.
- Paso 2: Aplique un incremente de presión de cámara.
  - En la celda de 'Incremento de presión de cámara' (**¡Error! No se encuentra el rigen de la referencia.**), ingrese el incremento requerido (el incremento de presión de cámara para este punto).
  - De clic en el botón 'CP Inc' para aplicar la presión.
    El incremento que usted ingreso será confirmado en el 'indicador de incremento de presión de cámara' y el objetivo de presión de cámara será mostrado en el 'indicador de objetivo de presión de cámara'.
    La presión de cámara será incrementada por el incremento requerido y cuando la presión sea alcanzada, la recopilación de información empezará.
    La información del incremento será recopilada a la tasa que usted especifico en el 'Stage setup panel' y graficada en la 'gráfica de saturación' (**¡Error! No se**

ncuentra el origen de la referencia.). La serie de daros serán cambiados dándole clic en el 'botón de selección de gráfica'.

- Cuando usted quiera terminar el incremento (por ejemplo cuando la presión de poros haya alcanzado el equilibrio), se procede con el siguiente paso.

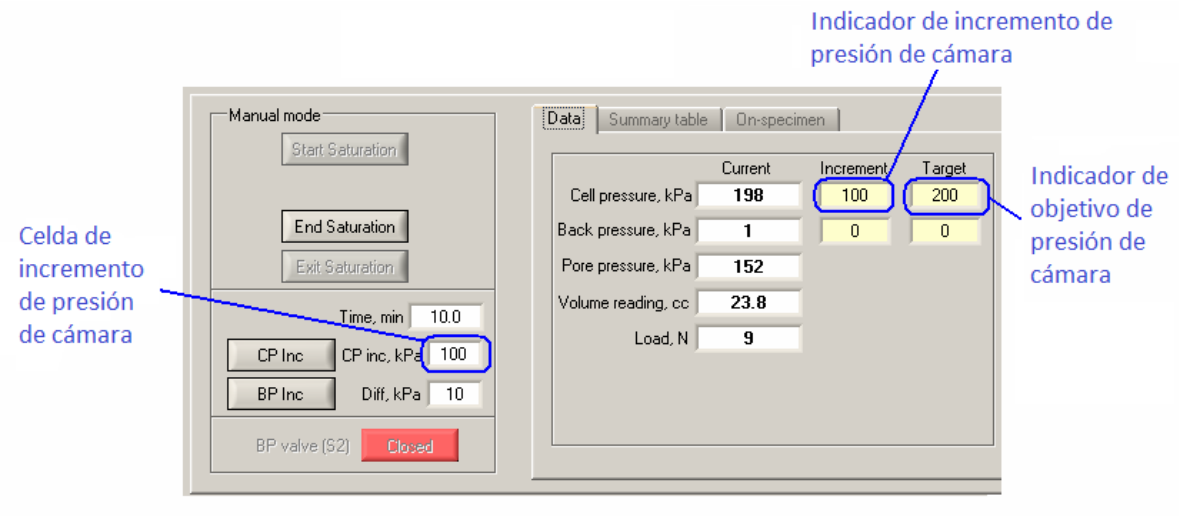


Figura 5-34 Panel de saturación

- Paso 3: Aplique el próximo incremento – para aplicar un incremento de presión de cámara, repita el paso anterior. Para aplicar un incremento de contra presión, proceda con el siguiente paso. Para terminar la etapa de saturación vaya al Paso 5.

Nota: El número máximo de incrementos de presión que pueden ser aplicado durante una etapa de saturación es 50.

- Paso 4: Aplique un incremento de contra presión (Esta función esta solo disponible si usted seleccionó 'Cell + Back increments' para el 'Saturation method':
  - En la 'celda de diferencial de contra presión' (**¡Error! No se encuentra el origen de a referencia.**), ingrese el diferencial de presión requerido (es decir la diferencia que usted quiere entre la presión de cámara y la contra presión).
  - De clic en el botón 'BP Inc' para aplicar la presión.
    El incremento de presión necesitado para alcanzar el diferencial de presión que usted ingreso serpa confirmado en el 'Indicador de incremento de contra presión' y el objetivo de contra presión será mostrado en el 'Indicador de objetivo de contra presión'. La contra presión será incrementada por el incremento requerido. Cuando la presión es alcanzada, la servo válvula de contra presión se abrirá, la presión será aplicada al espécimen y la recopilación de información comenzará.
    La información del incremento será recopilada a la tasa que usted especificó en el 'Stage setup panel' y graficada en el 'gráfico de saturación' (**¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.**). Las series de datos pueden ser cambiados dando clic en el 'Botón de selección de gráfico'.

Si usted quiere cerrar la servo válvula de contra presión para verificar el aumento de presión de poros de agua, de clic al 'Botón de servo válvula de contra presión' (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

- Cuando usted quiera terminar el incremento (por ejemplo cuando la presión de poros de agua haya igualado a la contra presión y el cambio volumétrico sea despreciable), regrese al Paso 3.

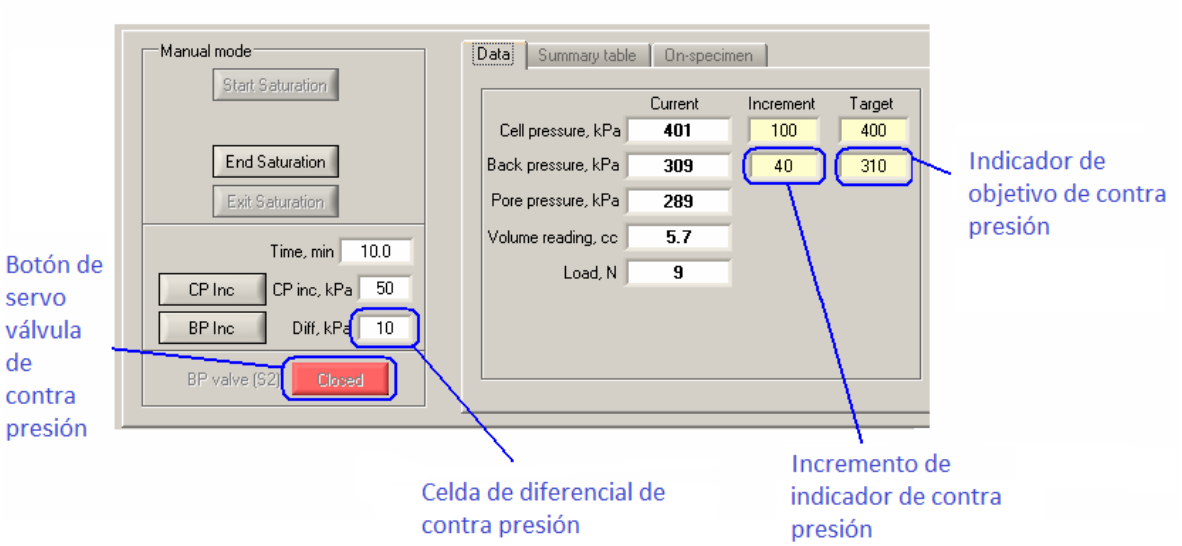


Figura 5-35 Panel de saturación

- Paso 5: Para finalizar la etapa de saturación, de clic en el botón 'End saturation' (terminar saturación).
  Los valores para el espécimen al final de la etapa serán calculados y mostrados en la 'Pestaña de valores de fin de etapa'. De clic en la pestaña para traerla al frente.
  Un resumen de los datos de saturación puede ser visto al mostrar la tabla resumen.
- Paso 6: De clic en el botón 'Exit saturation' para proceder a la siguiente etapa en el árbol de navegación.
  El próximo paso solo aplica si usted selecciono 'Cell + Back Ramp' para el 'Saturation method'.
- Paso 7: Aplique una rampa de presión:
  - Si la 'celda de objetivo de presión de cámara' (**¡Error! No se encuentra el origen e la referencia.**), ingrese la presión de cámara que usted quiere que el sistema alcance al terminar la rampa de saturación.
  - En la 'celda de diferencial de contra presión', ingrese el diferencial de presión que usted requiere (es decir la diferencia que usted quiere que sea mantenida entre la presión de cámara y la contra presión durante el curso de la rampa).
  - En la 'celda de rampa de tiempo', ingrese el tiempo, en minutos, que usted quiere que la rampa dure (es decir que tan prolongado quiere que el sistema tome en alcanzar el objetivo de presión ingresado).

- Seleccione si usted quiere que la rampa sea drenada o no drenada en las 'Opciones de drenaje'.
- De clic en el botón 'Ramp' para que la rampa inicie.
  La presión de cámara se incrementará a una tasa constante por el periodo que usted específico hasta que el valor en la 'celda de objetivo de presión de cámara' sea alcanzado. La contra presión incrementará a la misma tasa para mantener el diferencial ingresado en la 'celda de diferencial de contra presión'.
  Cuando el sistema ha alcanzado el objetivo de presión de cámara, este mantendrá las presiones hasta el final de la rampa.
- Al final de la rampa, regrese al Paso 5.

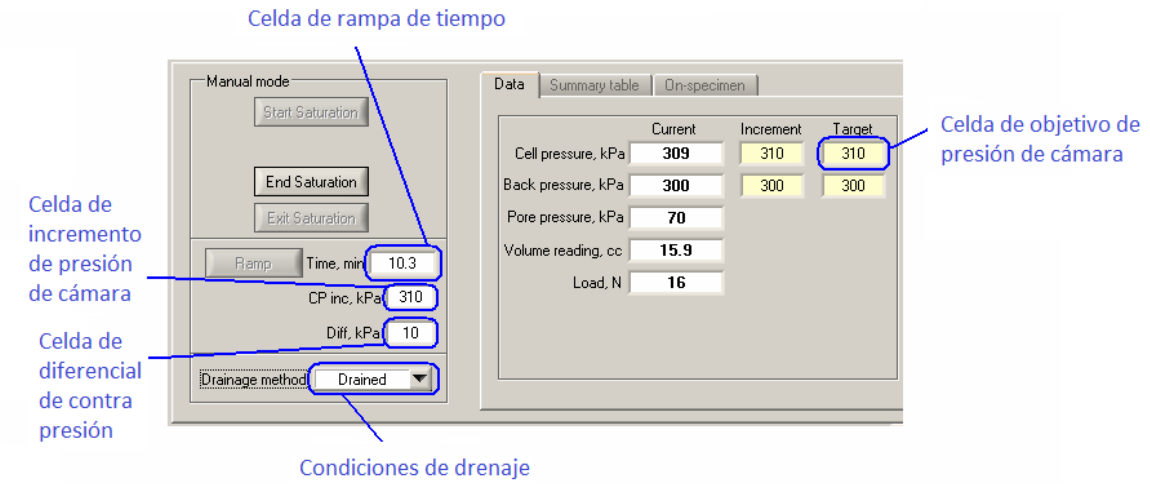


Figura 5-36 Panel de saturación

5.7. Ejecución de una etapa de consolidación.

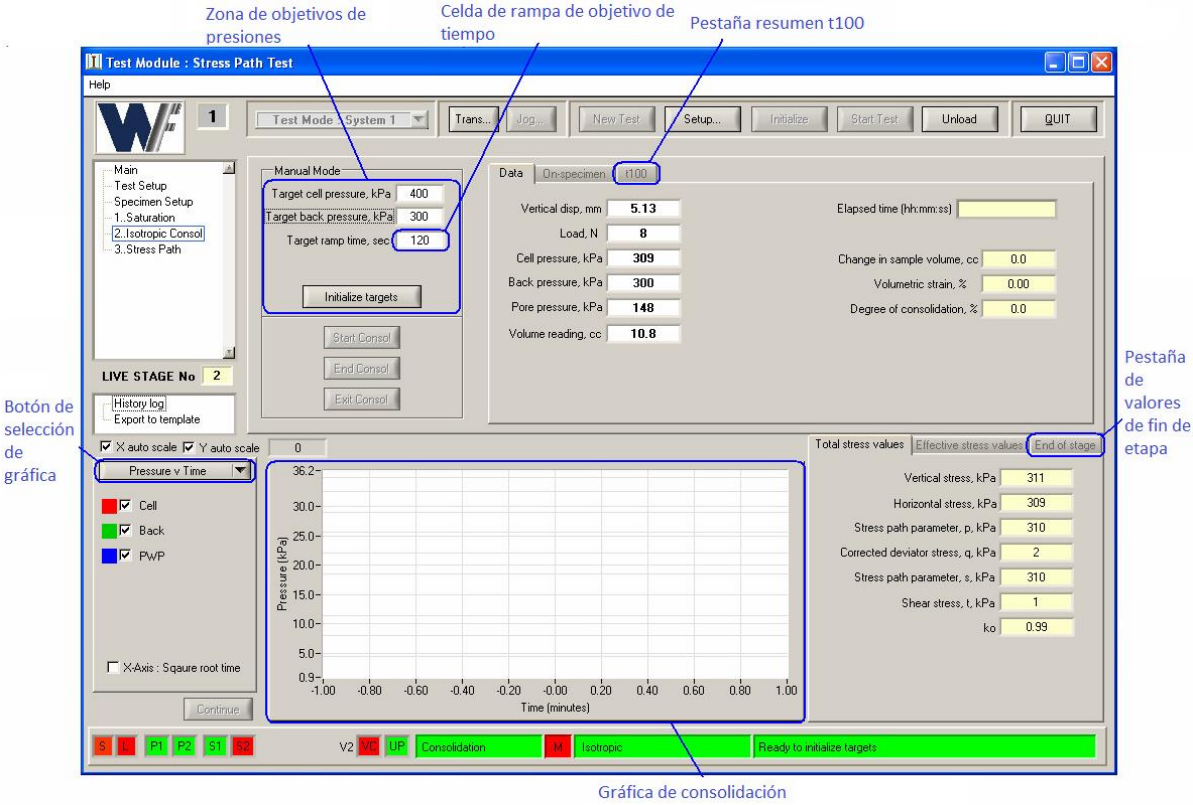


Figura 5-37 Panel de consolidación isotrópica

Estos son los pasos para ejecutar la etapa de consolidación:

- Paso 1: En la 'zona de objetivos de presiones' en el panel de consolidación (**¡Error! No se ncuentra el origen de la referencia.**), ingrese el 'Target cell pressure' (Objetivo de presión de cámara) que usted requiere y el 'Target back pressure' (Objetivo de contra presión) para la etapa de consolidación.
  La diferencia entre los dos (esfuerzo de confinamiento= debe ser igual o mayor a 5 kPa.
- Paso 2: En la celda 'Target ramp time' (Celda de rampa de tiempo), ingrese el número de segundos que usted quiere que el sistema tome en alcanzar las presiones objetivo.
- Paso 3: De clic en el botón 'Initialize targets'.
  Con la línea de contra presión cerrada, la presión de cámara y la contra presión incrementarán o disminuirán para alcanzar los objetivos (si es necesario) a través del periodo de tiempo ingresado para el 'Target ramp time'. Cuando las presiones objetivo son alcanzadas, el botón 'Start Consol' será habilitado.
  La información de la etapa de inicializar será recopilada a la tasa especificada en el 'Stage setup panel' y los datos serán mostrados en la 'Gráfica de consolidación). La serie de datos en la gráfica podrá ser cambiada dando clic en el 'Botón de selección de gráfica).
- Paso 4: Cuando el espécimen esté listo para consolidar (cuando la presión de poros ha alcanzado el equilibrio), oprima el botón 'Start Consol' (comenzar consolidación).
  La servo válvula se abrirá y la presión será aplicada al espécimen.

Los datos del ensayo para la etapa será recopilada a la tasa que usted especifico en el 'Stage setup panel' y graficada en la 'Gráfica de consolidación). La serie de datos podrán ser cambiados oprimiendo el 'Botón de selección de gráfica'.

- Paso 5: Para finalizar la etapa de consolidación, oprima el botón 'End Consol' (terminar consolidación).
  La línea de contra presión se cerrará.
  Los valores para el espécimen al final de la etapa serán calculados y mostrados en la 'Pestaña de valores de fin de etapa'. Oprima la pestaña para traerla al frente.
- Paso 6: Calcular el valor t100, si se requiere, como sigue:
  - Oprima la pestaña resumen t100 para traerla al frente.
  - Oprima el botón t100 para mostrar el panel t100.

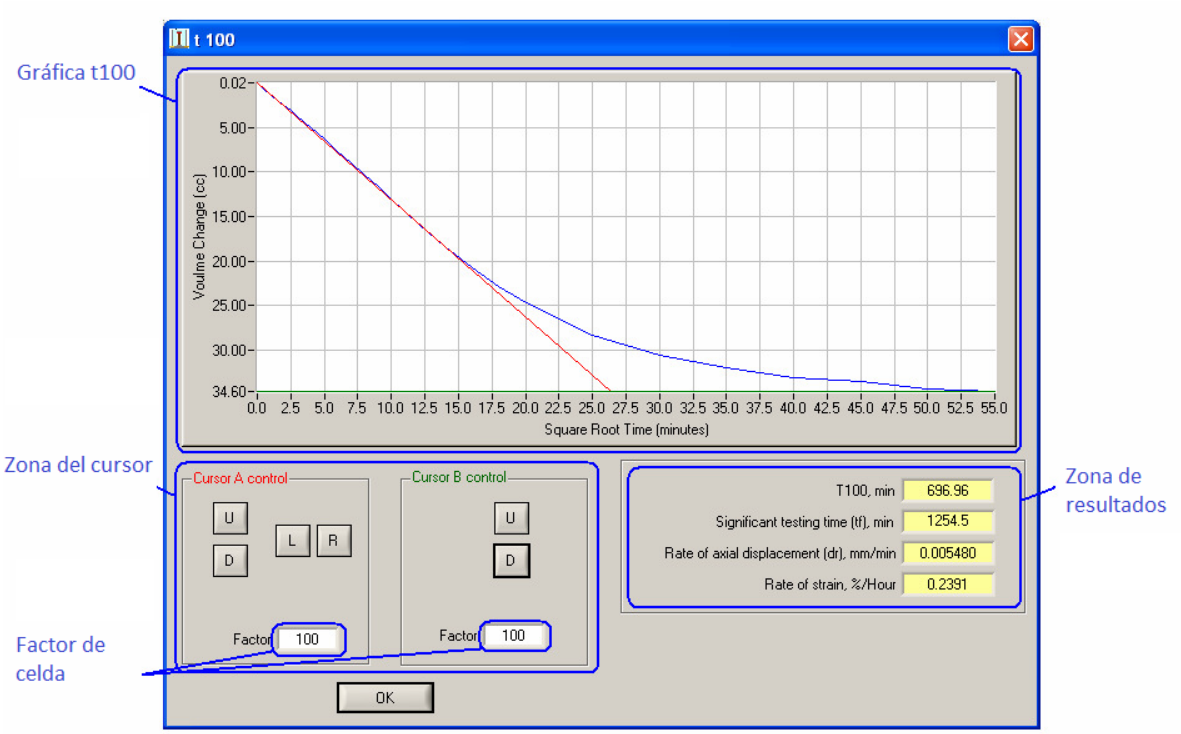


Figura 5-38 Panel t100

  - Use los botones de la 'Zona del cursor' para mover las líneas A (roja) y B (verde) en la gráfica t100 y ponerlas en posición.
    Usted puede incrementar o disminuir la magnitud del movimiento cambiando el 'Factor de celda'.
    El valor t100 y el 'rate of strain' (tasa de deformación) son re-calculados a la vez que las líneas son movidas y mostradas en la 'zona de resultados'. Si el 'Significant testing time' (tiempo de ensayo significativo) es menos que 120 minutos, quedará el valor por defecto que es 120.
  - Oprima el botón 'OK' para cerrar el panel.
- Paso 7: Oprima el botón 'Exit Consol' para proceder con la próxima etapa del ensayo.

Si durante la ejecución del ensayo es necesario modificar los parámetros P e I, se podrá hacer, abriendo la ventana del RTC y realizando los respectivos cambios.

Nota: Cualquier cambio en los parámetros P e I, no se verán inmediatamente, el usuario tendrá que esperar un poco para que los cambios se hagan evidentes. Como se podrá ver en la ventana del RTC, una vez que el ensayo ha iniciado no se habrá recuadros inhabilitados y no podrán ser manipulados.

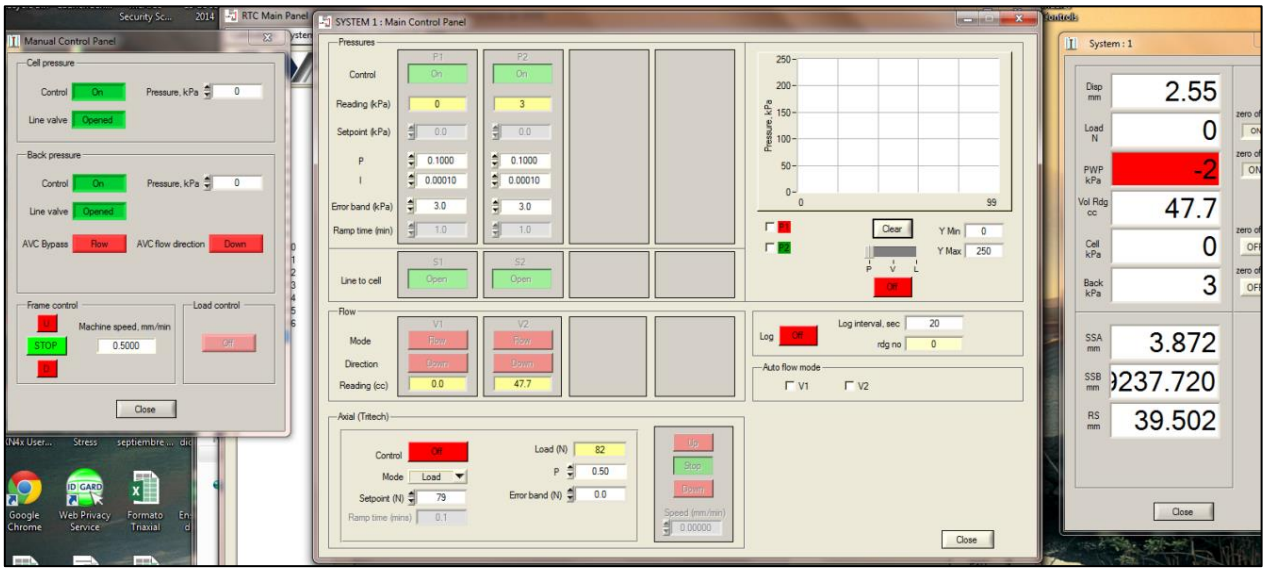


Figura 5-39 Ajuste parámetros P e I

Cuando se haya terminado la etapa de consolidación se procede a ajustar la posición del sensor de desplazamiento axial externo, de forma tal que este justo en contacto con la cámara triaxial y en el panel de los transductores este en el rango de recopilación de información.

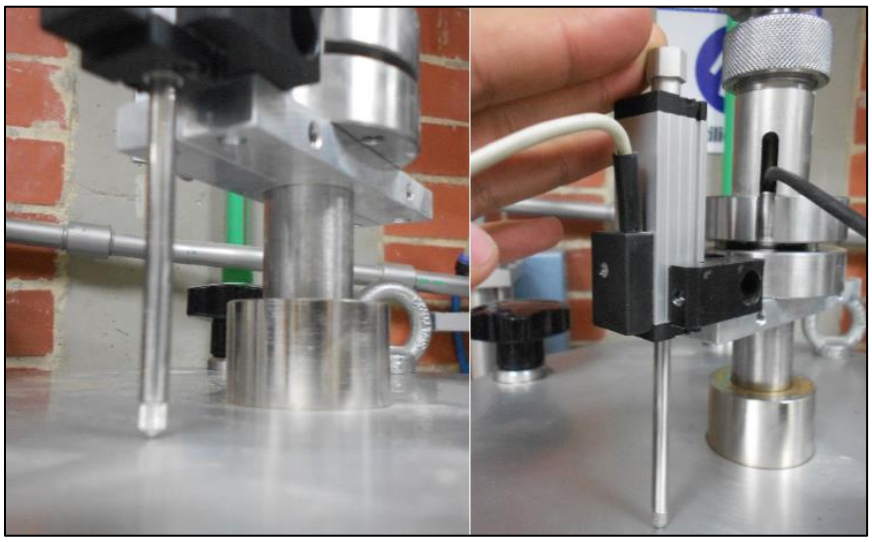


Figura 5-40 Fijación sensor axial externo

5.8. Ejecución de una etapa de trayectoria de esfuerzos.

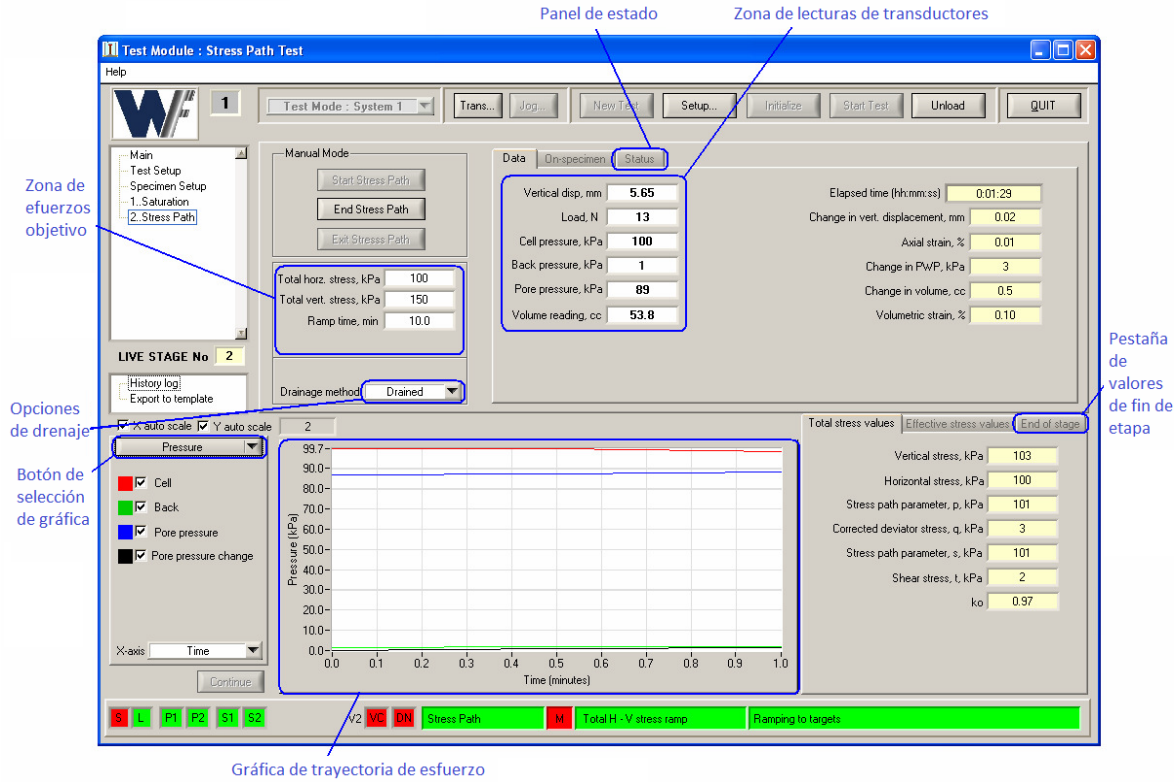


Figura 5-41 Panel de trayectoria de esfuerzo

Estos son los pasos para ejecutar la etapa de trayectoria de esfuerzos:

- Paso 1: En la zona de esfuerzos objetivo en el Panel de trayectoria de esfuerzos, ingrese los esfuerzos que usted quiere que sean aplicado al espécimen y entonces ingrese el número de minutos que usted quiere que el sistema tome para alcanzar los esfuerzos en la celda de 'Ramp time'. Si usted seleccionó el método 'Strain controlled' (control por deformación), estos valores no son requeridos y no serán visibles – usted solo necesita ingresar el 'Rate of strain' (Tasa de deformación) en % por hora.
- Paso 2: Si usted seleccionó 'Strain control' (control por deformación), seleccione si usted quiere que la trayectoria de esfuerzos sea en compresión o en tensión en el 'Loading method options'.
- Paso 3: Seleccione si usted quiere que la trayectoria de esfuerzos sea drenada o no drenada de la opción 'Drainage options'.

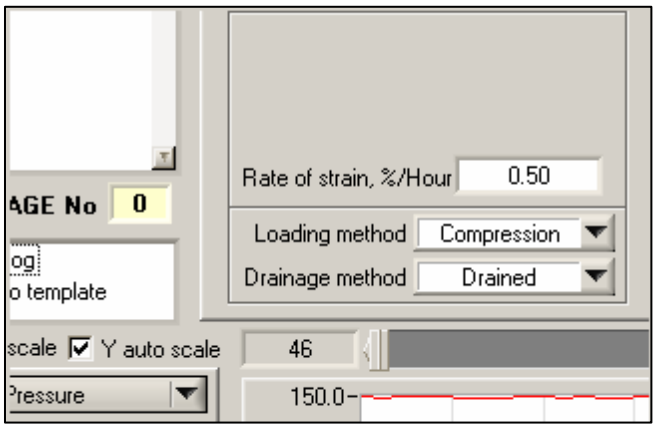


Figura 5-42 Panel de trayectoria de esfuerzo

- Paso 4: Oprima el botón 'Start stress path' (iniciar trayectoria de esfuerzos). Si se escogió 'Not connected' para la opción 'Top cap conection' (Conexión del cabezal) del 'Test Setup panel' entonces aparecerá el siguiente mensaje:

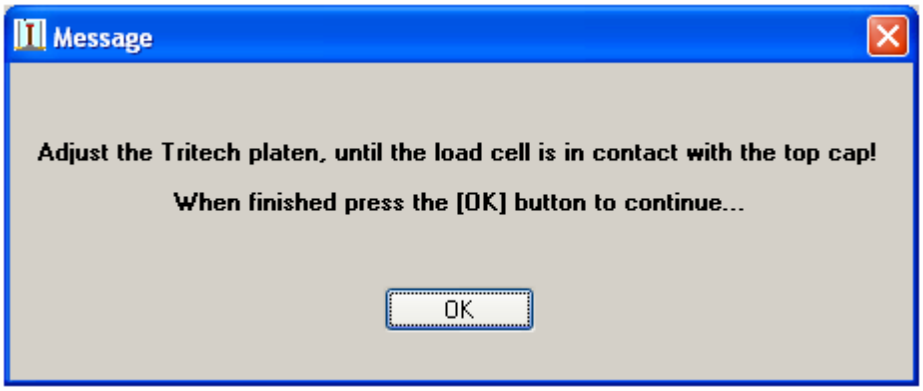


Figura 5-43 Mensaje de ajuste de plato de marco de carga

Si se escogió 'Connected' para la opción 'Top cap conection' (Conexión del cabezal) del 'Test Setup panel' entonces la etapa de trayectoria de esfuerzo iniciará y el usuario podrá ignorar el paso 5.

- Paso 5: Mueva el plato del marco de carga hacia arriba, usando los controles en el panel frontal, hasta que la celda de carga marque una carga de por lo menos 20 N. Entonces aplique vacío a través de la válvula que está en la parte superior de la cámara triaxial para que el cabezal quede bien sujeto a la celda de carga. Es posible que la celda de carga registre una lectura negativa, entonces vuelva a subir el plato del marco de carga hasta que la lectura de carga vuelva a ser positiva.

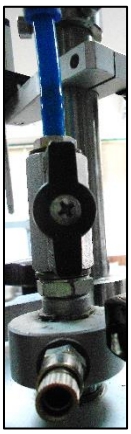


Figura 5-44 Válvula superior de la cámara triaxial

El sistema alcanzará los objetivos de carga en el periodo de tiempo especificado controlando la velocidad y la dirección del marco de carga incrementando o disminuyendo la presión de cámara, como sea necesario. Si la trayectoria de esfuerzos es a deformación controlada, el sistema alcanzará los esfuerzos objetivo a la tasa que usted especificó.

Los datos para esta etapa serán recopilados a la tasa que usted especifico en el 'Stage setup panel' y graficados en la 'Gráfica de trayectoria de esfuerzos). La serie de datos puede ser cambiada dando clic en el 'botón de selección de gráfica'.

La trayectoria de esfuerzo se detendrá automáticamente cuando los esfuerzos en la 'Zona de esfuerzos objetivos' sean alcanzados o cuando una de las condiciones de terminación que usted colocó en el 'Stage setup panel' sean alcanzadas, la que sea alcanzada primero. El sistema entonces mantendrá los esfuerzos que ha alcanzado hasta el final de la etapa.

- Paso 6: Para terminar la etapa de trayectoria de esfuerzo, oprima el botón 'End stress path' (terminar trayectoria de esfuerzo).

  Los valores del espécimen al final de la etapa serán calculados y mostrados en la pestaña de valores de fin de etapa. Oprima la pestaña para traerla al frente.
- Paso 7: Oprima el botón 'Exit stress path' (salir de la trayectoria de esfuerzo) para proceder a la próxima etapa, que puede ser otra etapa de trayectoria de esfuerzos.

5.9. Ejecución de una etapa de consolidación Ko.

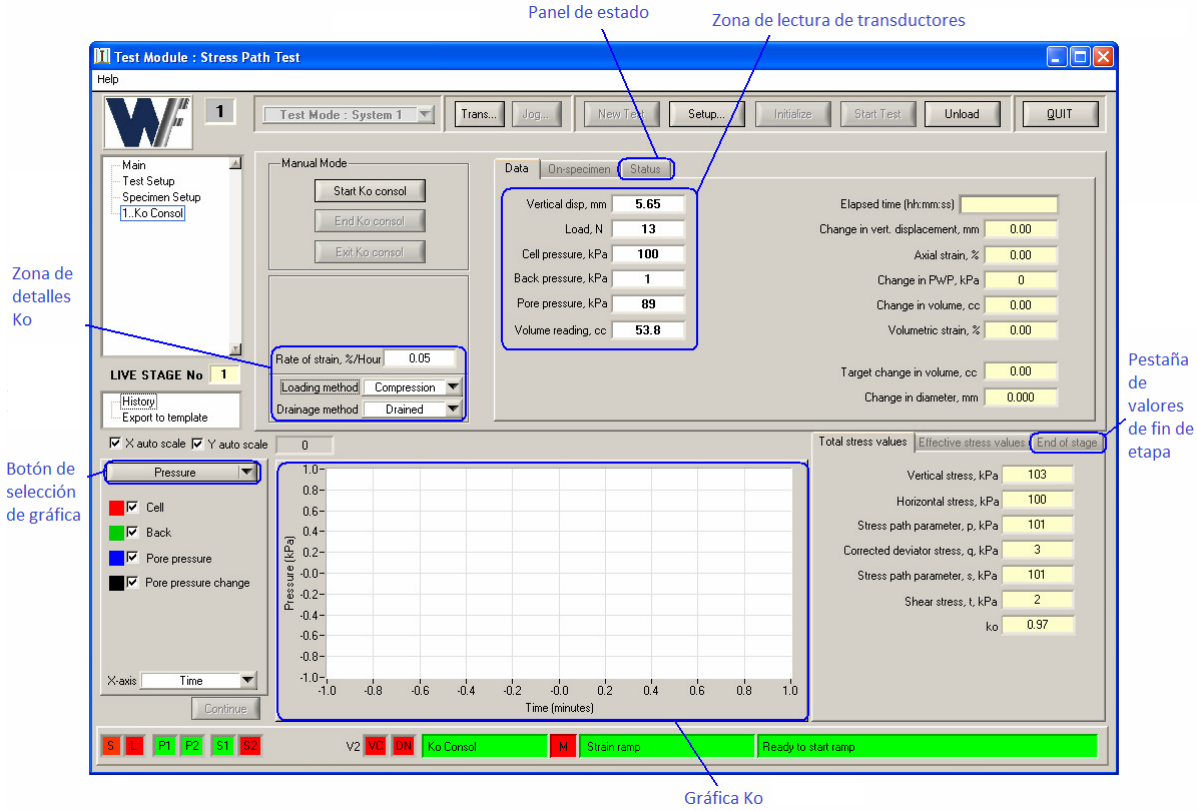


Figura 5-45 Panel de consolidación Ko

Estos son los pasos para ejecutar la etapa de consolidación Ko:

- Paso 1: En la zona de detalles Ko en el panel Ko, ingrese el 'rate of strain' (tasa de deformación) en % por hora, seleccione si usted quiere que el Ko sea a compresión o en tensión en las opciones del 'Loading method' (método de carga) y seleccione si usted quiere que el Ko sea drenado o no drenado de las opciones del 'Drainage method' (método de drenaje). La etapa Ko solo puede ser no drenada si un sensor local radial está siendo usado para medir el diámetro del espécimen.
- Paso 2: Oprima el botón 'Start Ko consol', (iniciar consolidación Ko). Si se escogió 'Not connected' para la opción 'Top cap conection' (Conexión del cabezal) del 'Test Setup panel' entonces aparecerá el siguiente mensaje:

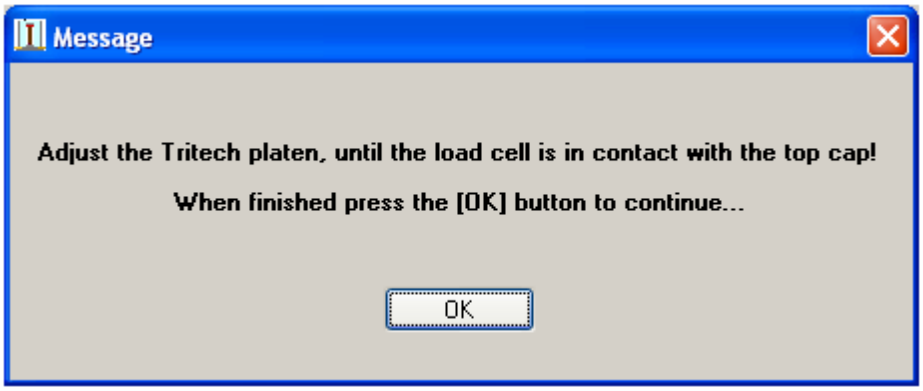


Figura 5-46 Mensaje de ajuste de plato de marco de carga

Si se escogió 'Connected' para la opción 'Top cap conection' (Conexión del cabezal) del 'Test Setup panel' entonces la etapa de trayectoria de esfuerzo iniciará y el usuario podrá ignorar el paso 3.

- Paso 3: Mueva el plato del marco de carga hacia arriba, usando los controles en el panel frontal, hasta que la celda de carga marque una carga de por lo menos 20 N. Entonces aplique vacío a través de la válvula que está en la parte superior de la cámara triaxial para que el cabezal quede bien sujeto a la celda de carga. Es posible que la celda de carga registre una lectura negativa, entonces vuelva a subir el plato del marco de carga hasta que la lectura de carga vuelva a ser positiva. Oprima el botón 'OK'.
  El sistema avanzará a la tasa de deformación que se especifico. La presión de cámara será incrementada o disminuida cuando sea necesario, para mantener el diámetro constante del espécimen. La presión de cámara objetivo puede ser vista el 'Panel de estado'.
  Los datos del ensayo para esta etapa serán recopilados a la tasa que se especifico en el 'Stage setup panel) y graficados en la gráfica Ko. La serie de datos puede ser cambiada oprimiendo el 'Botón de selección de grafica'.
  El Ko se detendrá automáticamente cuando una de las condiciones de terminación que se especificaron sea alcanzada, la que se alcance primero. El sistema entonces mantendrá los esfuerzos que ha alcanzado hasta que la etapa sea finalizada.
- Paso 4: Para finalizar la etapa Ko, oprima el botón 'End Ko consol' (terminar consolidación Ko).
  Los valores del espécimen al final de la etapa serán calculados y mostrados en la 'Pestaña de valores de fin de etapa'. De clic en la pestaña para traerla al frente.
- Paso 5: Oprima el botón 'Exit Ko consol' (salir de consolidación Ko) para proeder con la próxima etapa de su ensayo.

5.10. Ejecución de una etapa de corte.

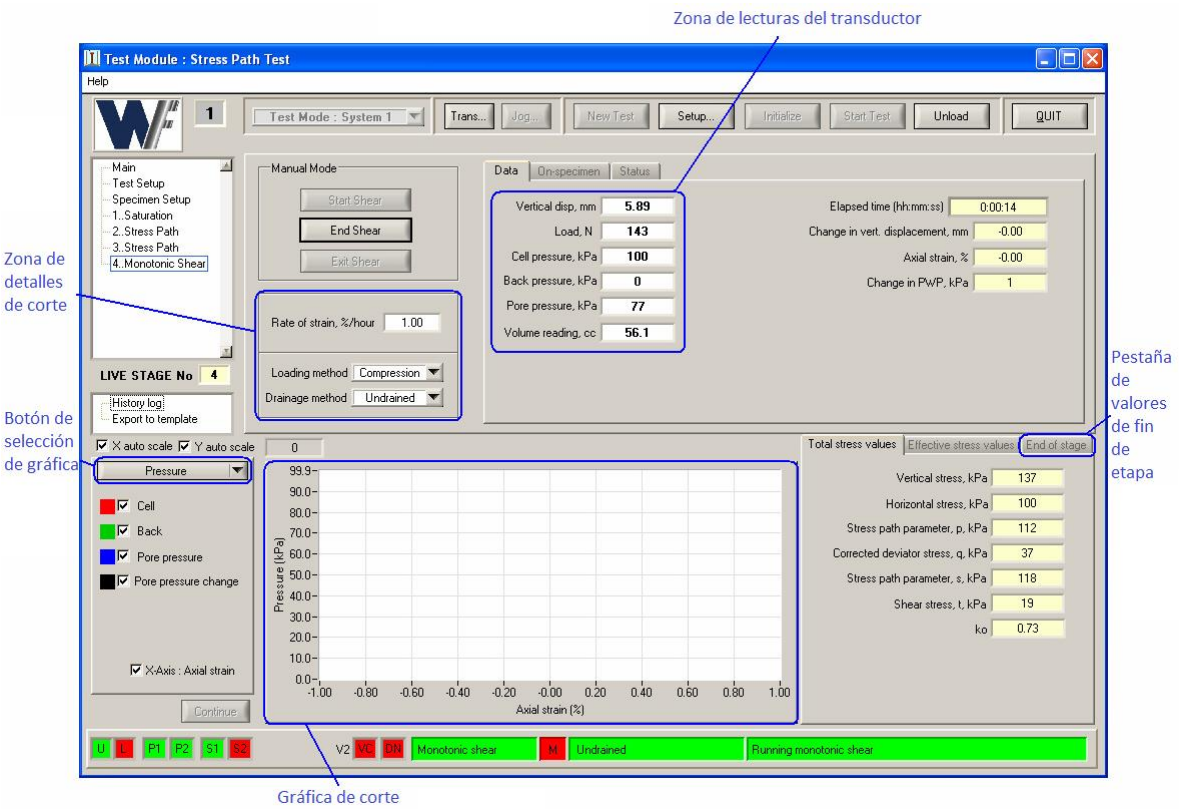


Figura 5-47 Panel de corte monotónico

Estos son los pasos para ejecutar la etapa de corte:

- Paso 1: En la 'zona de detalles de corte' en el panel de corte, ingrese el 'Rate of strain' (tasa de deformación) a la que usted quiere que la muestra sea fallada, en % por hora.
- Paso 2: Seleccione si usted quiere que el espécimen sea fallado en compresión o en tensión en el 'Loading method options' (opciones de método de carga).
- Paso 3: Seleccione si usted quiere que la etapa de corte sea drenada o no drenada en las 'Opciones de drenaje'.
- Paso 4: Oprima el botón 'Star shear' (Iniciar etapa de corte). Si se escogió 'Not connected' para la opción 'Top cap conection' (Conexión del cabezal) del 'Test Setup panel' entonces aparecerá el siguiente mensaje:

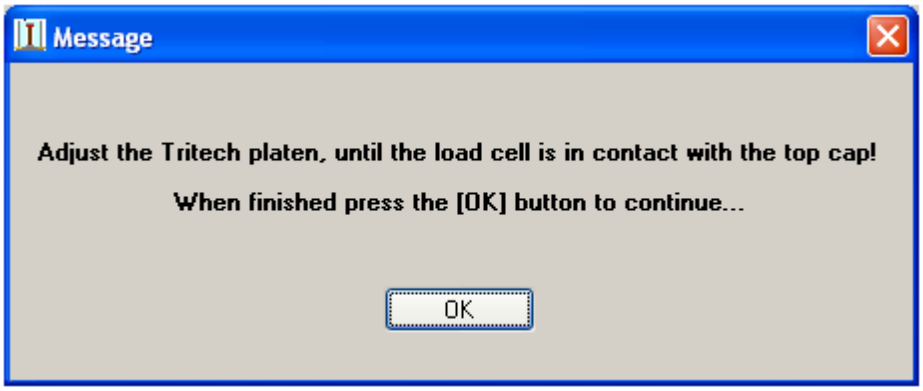


Figura 5-48 Mensaje de ajuste de plato de marco de carga

Si se escogió 'Connected' para la opción 'Top cap conection' (Conexión del cabezal) del 'Test Setup panel' entonces la etapa de trayectoria de esfuerzo iniciará y el usuario podrá ignorar el paso 5.

- Paso 5: Mueva el plato del marco de carga hacia arriba, usando los controles en el panel frontal, hasta que la celda de carga marque una carga de por lo menos 20 N. Entonces aplique vacío a través de la válvula que está en la parte superior de la cámara triaxial para que el cabezal quede bien sujeto a la celda de carga. Es posible que la celda de carga registre una lectura negativa, entonces vuelva a subir el plato del marco de carga hasta que la lectura de carga vuelva a ser positiva. Oprima el botón 'OK'.
  La celda de carga comenzará a moverse a la tasa ingresada en el 'Rate of strain cell' (celda tasa de deformación), en la dirección seleccionada del 'Loading method options' (Opciones de método de carga). Si usted selecciono 'Drained' (drenado) de las 'Drainage options' (opciones de drenaje), la válvula de la línea se abrirá. Los datos de ensayo para la etapa será registrada a la tasa que fue especificada en el 'Stage setup panel' y graficada en el 'Shear plot' (gráfica de corte). La serie de datos pueden ser cambiados oprimiendo el botón 'Plot selection button' (botón de selección de gráfico).
- Paso 6: Cuando las condiciones de falla que se esfecificaron en el 'Stage setup panel' son alcanzadas, la recolección de datos de detendrá, el marco de carga se detendrá y, si la etapa fue drenada, la servo válvula de contra presión se cerrará. Si usted quiere terminar el corte antes de que el criterio de falla escogido haya sido alcanzado, oprima el botón 'End Shear' (terminar corte).
  Los valores para el espécimen al final de la etapa serán calculados y mostrados en la 'pestaña de valores de fin de etapa'. Oprima la pestaña para traerla al frente.
- Paso 7: Oprima el botón 'Exit Shear' (Salir de corte) para proceder con la próxima etapa del ensayo.

5.11. Finalizar un ensayo

Cuando la última etapa del 'árbol de navegación' ha finalizado, el sistema esperará a que usted agregue otra etapa o que finalice el ensayo. Para finalizar el ensayo siga los siguientes pasos:

- Oprima el botón 'Trans…' para abril el 'Transducer outputs panel' (panel de lecturas de los transductores).
- Oprima el botón 'Unload' (descargar).

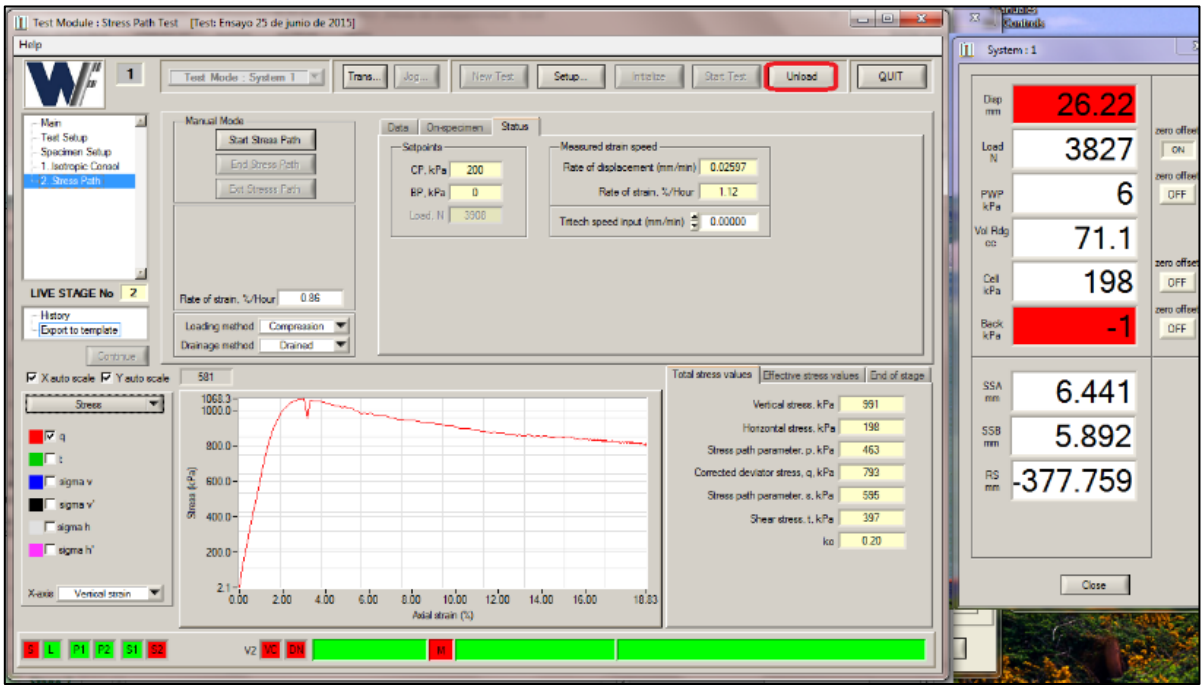


Figura 5-49 Finalizar un ensayo

Las presiones serán reducidas a cero y la servo válvula de la línea de presión de cámara se cerrará. El 'Specimen setup panel' (panel de ajustes de espécimen) será mostrado y el control del sistema será devuelto al usuario.

- Mientras las presiones se están reduciendo, mueva el plato del marco de carga hacia abajo a su posición inicial, usando los controles en el panel frontal, hasta que la lectura de carga en el 'Transducer outputs panel' (panel de lectura de transductores) sea reducida a cero.
- Vacié la cámara triaxial:
    - Abra la válvula que se encuentra en la parte superior de la cámara triaxial.
    - Desconecte la manguera de la presión de cámara del tablero de válvulas y coloque ese extremo en un lugar para la deposición del agua de residuo.
    - Abra las válvulas de la línea de presión de cámara y permita que el agua salga de la cámara.

5.12. Cargar un ensayo.

Esta opción permite al usuario tener acceso a ensayos anteriores, en donde podrá ver toda la información que recolectada en todos los paneles, menos en los que reportan información en vivo.

Para cargar un ensayo, el ATD y el RTC deben estar conectados.

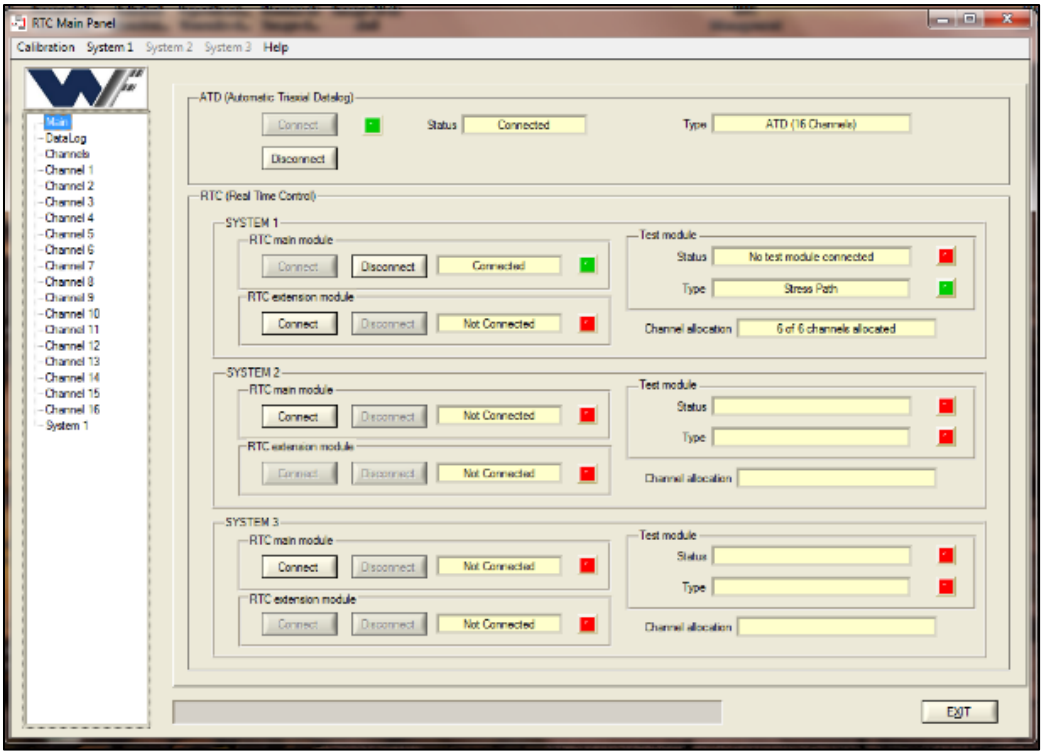


Figura 5-50 Conexión ATD y el RTC

Del recuadro 'Opciones de modo' selecciona en el recuadro de Test mode 'Review mode':

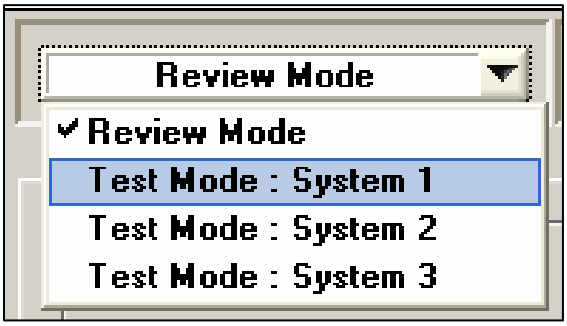


Figura 5-51 Opciones de modo

Luego se oprime el botón 'Load', se busca la ubicación del ensayo y se carga.

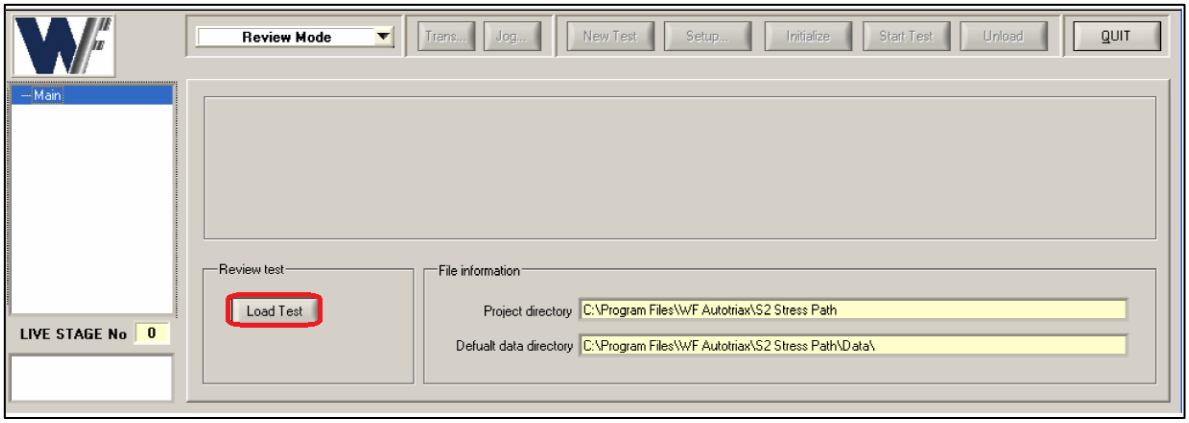


Figura 5-52 Botón cargar ensayo

Nota: No se debe cargar un ensayo, mientras un ensayo este corriendo, ya que esto podría causar cierres inesperados, fallas operacionales, entre otros errores del sistema.

5.13. Panel de registro histórico

Este panel permite ver todas las actividades que se han realizado durante un ensayo, lo cual ayuda como bitácora cuando el operador necesita alguna información extra del comportamiento del ensayo. Este panel se puede ver en cualquier momento durante el ensayo.

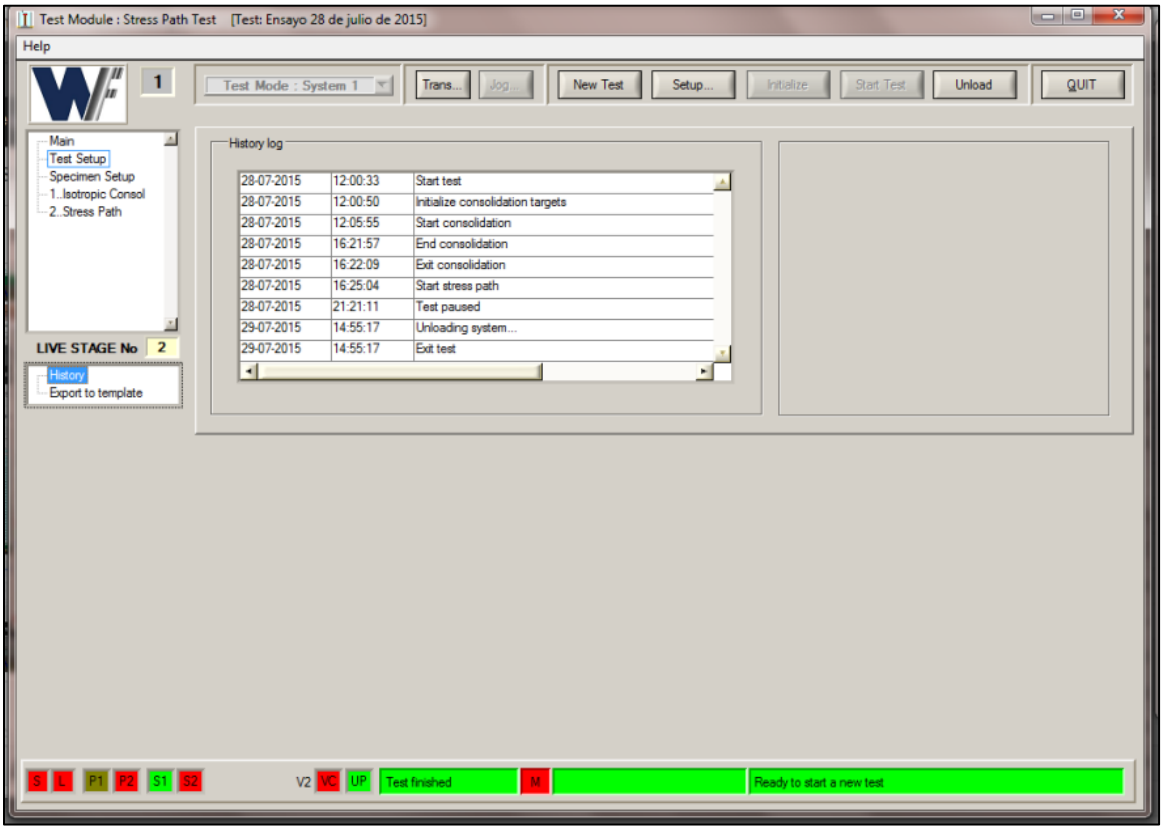


Figura 5-53 Panel de registro histórico

Este panel cuenta con tres columnas que se nombran a continuación de izquierda a derecha como aparecen en el panel:

- Columna de fecha: Muestra la fecha de la acción.
- Columna de tiempo: Muestra el tiempo de la acción. En el caso de una etapa de saturación, un incremento en la presión de cámara o en la contra presión, el inicio de dicho incremento será guardado.
- Columna de acción: Muestra la descripción de la acción.

5.14. Cargar una plantilla de ensayo del software 'stress path'.

Esta opción sirve para crear reportes con la información recopilada a lo largo del ensayo. Se selecciona 'Export to template' del árbol de navegación de reporte de ensayo.

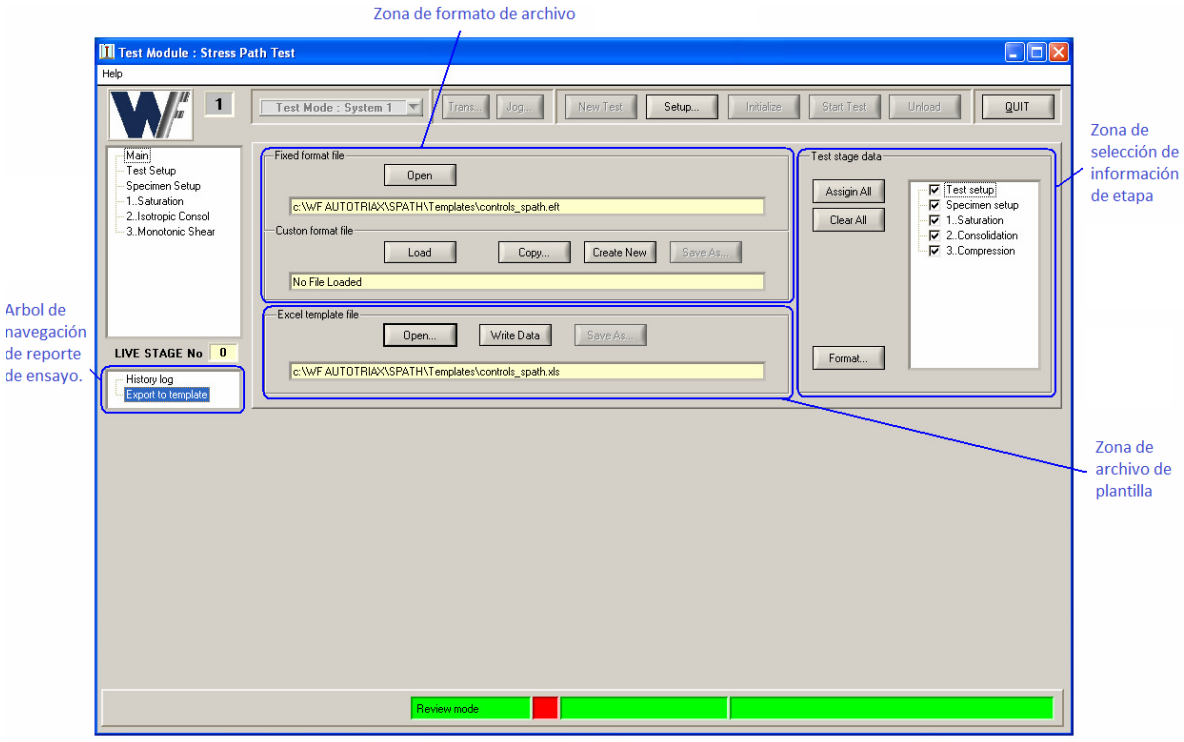


Figura 5-54 Panel de exportación de plantilla

El siguiente procedimiento exporta los datos a la plantilla que facilita el software:

- Oprima el botón 'Open' en la zona de formato de archivo.
  El formato de archivo contiene todas las referencias de celdas requeridas para la plantilla provista por el software.
- Marque los cuadros en la zona de selección de información de etapa, para seleccionar que etapas se quieren poner en el reporte.

Nota: Es importante que cualesquiera las etapas que se escoja los cuadros de 'Test setup' y 'Specimen setup' deben estar marcados, ya que de otra manera no se exportará información a la plantilla y quedará vacia.

- Oprima el botón 'Open…' en 'Zona de archivo de plantilla' y, en la ventana que se muestra, seleccione el archivo de plantilla que se requiere y luego de clic en el botón 'Load'.
  La ruta para la plantilla provista por el software es C:\Program Files\WF Autotriax\S2 Stress Path\Templates\controls_spath.xlt

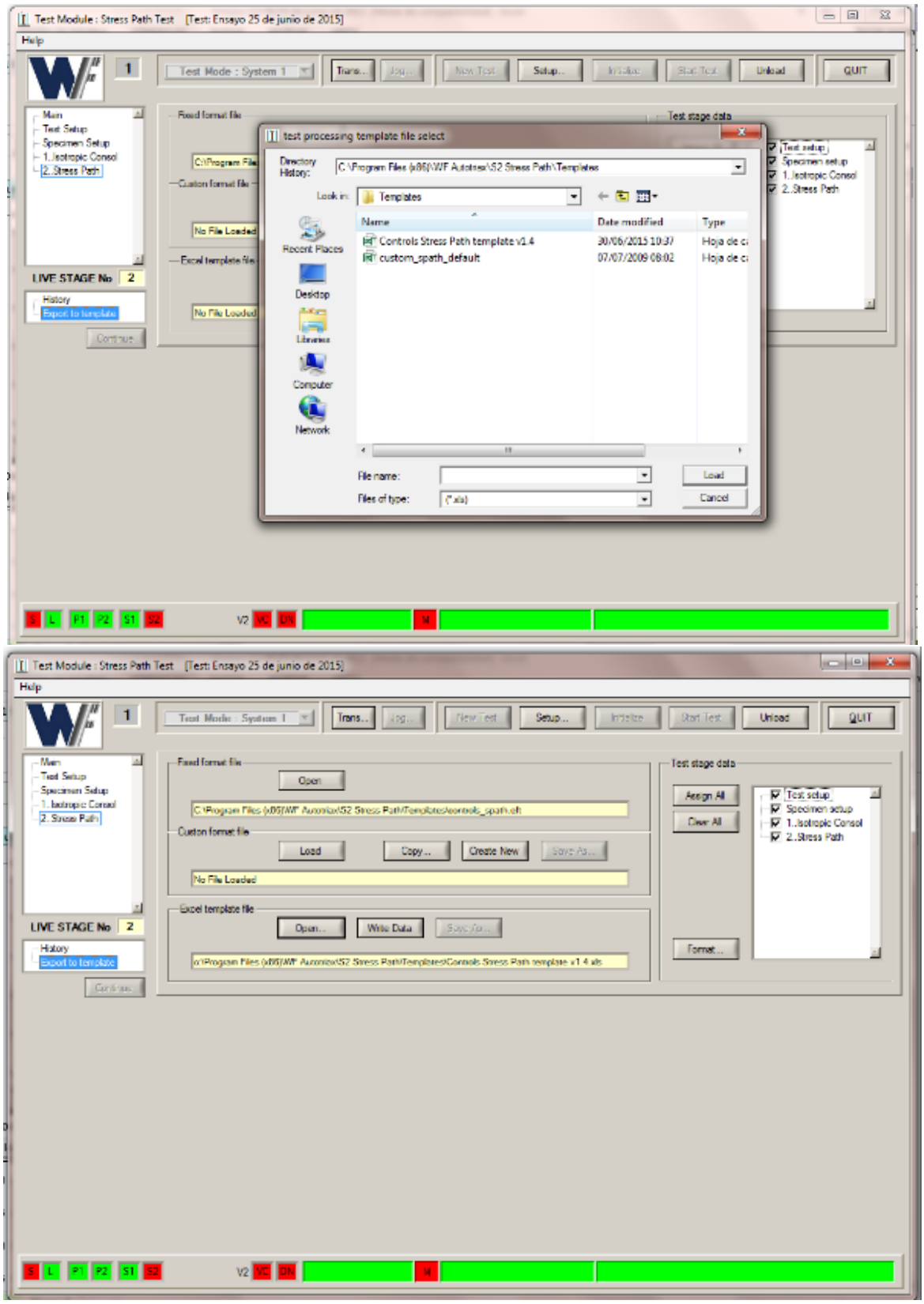


Figura 5-55 Selección de plantilla dada por el software

- Oprima el botón 'Write data' en la zona de archivo de plantilla. La información para las etapas que se seleccionaron en el segundo paso, serán puestas en la plantilla en las celdas que están especificadas en los paneles de configuración. La plantilla es ahora un documento de reporte de ensayo.
- Oprima el botón 'Save as…' en la zona de archivo de plantilla, y en la ventana emergente ubique una carpeta de destino y luego de clic en el botón 'Save'.
- Abra el documento de reporte de ensayo que acaba de crear.
- Oprima el botón 'Create Workbook'. Las hojas de trabajo para cada etapa del ensayo serán creadas dentro del documento.

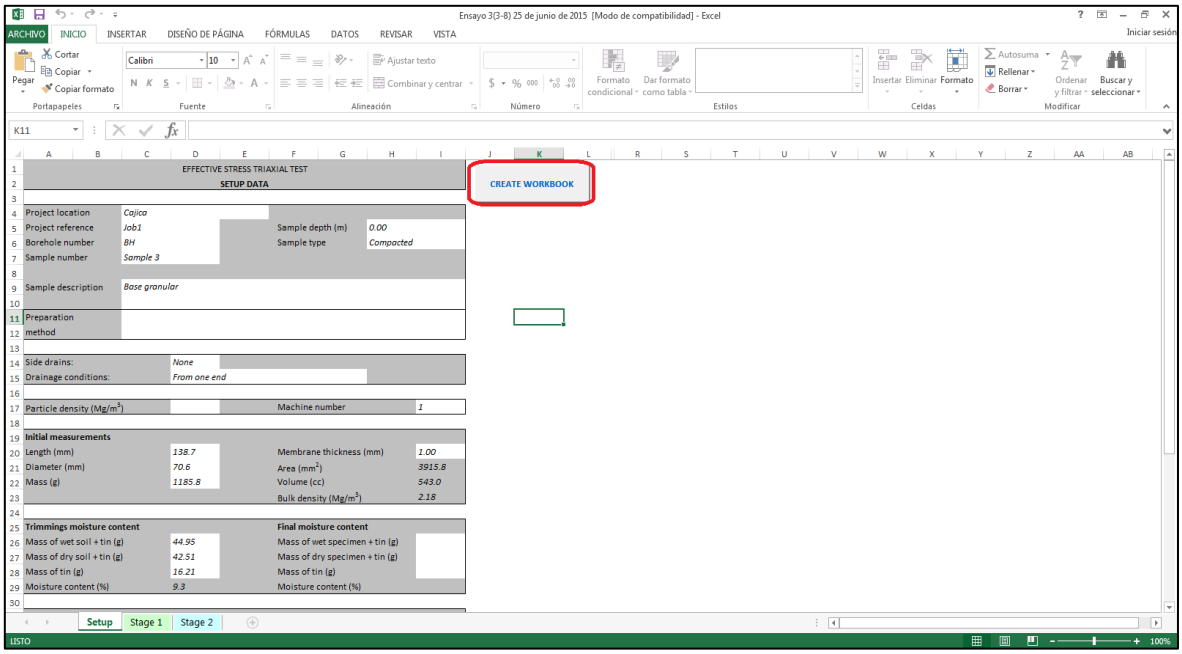


Figura 5-56 Crear el archivo de reporte de ensayo.

- Vuelva a guardar el archivo.

5.15. Descripciones de la plantilla.

La plantilla del software se divide en dos partes:

- Por un lado está la hoja de 'Setup', que es donde se brinda la información que fue introducida durante la programación del ensayo y alguna otra que fue calculada por el software.

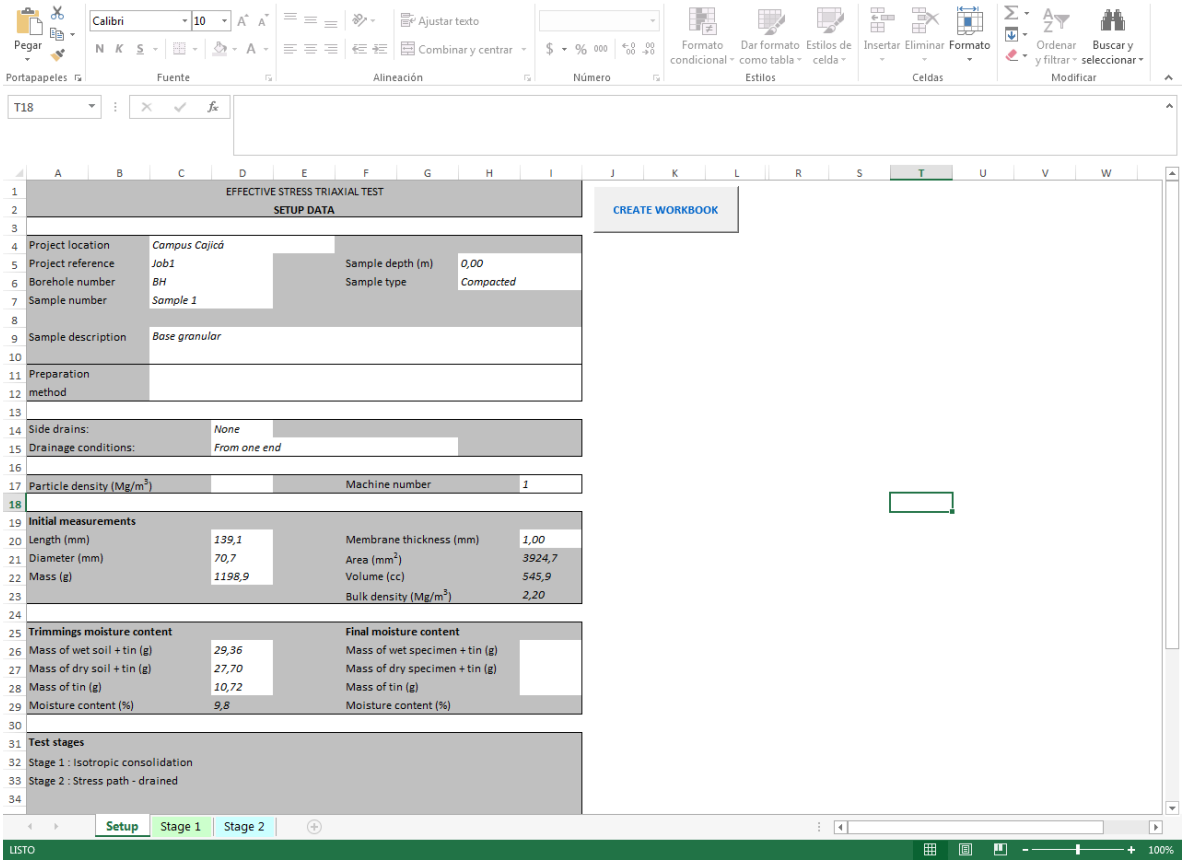


Figura 5-57 Hoja Setup

- Por otro lado están las hojas de las etapas, en ellas se podrá encontrar los datos recolectados durante el ensayo como: Deformaciones axiales, radiales, volumétricas, entre otras y esfuerzos como presión de cámara, contra presión, carga axial. También se verán columnas con datos resultantes de correlaciones de las medidas tomadas, como ejemplo se puede nombrar el área, esfuerzos como el esfuerzo desviador, correcciones por drenaje o por membrana entre otros.
  A continuación se muestra una plantilla de ejemplo para que se observe lo que contiene cuando han sido exportados los datos.

EFFECTIVE STRESS TRIAXIAL TEST
Stage 1 : Isotropic consolidation

Project location	*Campus Cajicá*		
Project reference	*Job1*	Sample depth (m)	*0*
Borehole number	*BH*	Sample type	*Compacted*
Sample number	*Sample 1*		

Recorded data							Calculated data		Optional channels			
									On-specimen transducers			
Elapsed time (mins)	Axial disp. (mm)	Axial load (N)	Cell pressure (kPa)	Pore pressure (kPa)	Back pressure (kPa)	Volume change (cc)	Elapsed time (root mins)	PWP Dissipation (%)	Axial A (mm)	Axial B (mm)	Radial (mm)	Mid-PWP (kPa)
0,00	0,15	-100,0	50	5	1	0,0	0,0	0	0,322	-2,675	-1,286	
0,25	0,15	-107,0	49	5	2	0,6	0,5	0	0,327	-2,709	-1,288	
1,00	0,15	-105,0	48	5	2	0,7	1,0	0	0,334	-2,719	-1,289	
2,25	0,15	-105,0	48	5	2	0,8	1,5	0	0,342	-2,724	-1,288	
4,00	0,15	-105,0	48	5	2	0,8	2,0	0	0,351	-2,725	-1,288	
6,25	0,15	-105,0	48	5	2	0,8	2,5	0	0,359	-2,726	-1,286	
9,00	0,15	-105,0	48	5	2	0,9	3,0	0	0,368	-2,724	-1,286	
12,25	0,15	-106,0	48	5	2	0,9	3,5	0	0,375	-2,723	-1,285	
16,00	0,15	-106,0	48	5	2	0,9	4,0	0	0,381	-2,726	-1,279	
20,25	0,15	-107,0	48	5	2	0,9	4,5	0	0,391	-2,724	-1,277	
25,00	0,15	-107,0	48	5	2	0,9	5,0	0	0,394	-2,723	-1,274	
30,25	0,15	-108,0	48	4	2	0,9	5,5	25	0,396	-2,722	-1,274	
36,00	0,15	-108,0	48	4	2	0,9	6,0	25	0,397	-2,724	-1,268	
42,25	0,15	-108,0	48	4	2	0,9	6,5	25	0,397	-2,721	-1,264	
49,00	0,15	-109,0	48	4	1	0,9	7,0	25	0,399	-2,719	-1,265	
56,25	0,15	-109,0	48	4	2	0,9	7,5	25	0,400	-2,718	-1,260	
64,00	0,15	-109,0	48	4	2	0,9	8,0	25	0,406	-2,718	-1,257	
72,25	0,15	-109,0	48	4	2	0,9	8,5	25	0,411	-2,717	-1,255	
81,00	0,14	-110,0	48	4	1	0,9	9,0	25	0,423	-2,718	-1,255	
90,25	0,14	-109,0	48	4	1	0,9	9,5	25	0,431	-2,718	-1,253	
100,00	0,14	-110,0	48	4	1	0,9	10,0	25	0,435	-2,716	-1,253	
110,25	0,14	-111,0	48	4	1	0,9	10,5	25	0,443	-2,714	-1,249	

Figura 5-58 Hoja de lecturas

EFFECTIVE STRESS TRIAXIAL TEST
Stage 2 : Stress path - drained

ion	*Campus Cajicá*		
ence	*Job1*	Sample depth (m)	*0*
mber	*BH*	Sample type	*Compacted*
ber	*Sample 1*		

Recorded data					Optional channels			
					On-specimen transducers			Mid-
Axial load (N)	Cell pressure (kPa)	Back pressure (kPa)	Pore pressure (kPa)	Volume change (cc)	Axial A (mm)	Axial B (mm)	Radial (mm)	PWP (kPa)
10,0	48	-2	4	0,0	0,523	-2,681	-1,238	
56,0	48	-2	5	0,0	0,539	-2,659	-1,235	
104,0	48	-2	5	0,0	0,553	-2,629	-1,230	
153,0	48	-2	5	0,0	0,569	-2,595	-1,222	

Figura 5-59 Hoja de mediciones

EFFECTIVE STRESS TRIAXIAL TEST

Stage 2 : Stress path - drained

Project location	*Campus Cajicá*		
Project reference	*Job1*	Sample depth (m)	*0*
Borehole number	*BH*	Sample type	*Compacted*
Sample number	*Sample 1*		

Calculated data							Total stresses			Total stresses			Effective stresses						Coefficient A
Axial strain	Area	Volumetric strain	Deviator stress	Membrane correction	Drain correction	Corrected dev. stress	σ_v	σ_h	t	s	p	K_0	σ_v'	σ_h'	s'	p'	σ_h'/σ_v'	K_0'	
(%)	(mm^2)	(%)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(-)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(-)	(-)	(-)
0,00	3902,6	0,00	3	0,00	0,00	3	51	48	1	49	49	0,95	47	44	45	45	1,1	0,94	#¡DIV/0!
0,06	3905,2	0,00	14	0,02	0,00	14	62	48	7	55	53	0,77	57	43	50	48	1,3	0,75	0,09
0,14	3908,0	0,00	27	0,05	0,00	27	75	48	13	61	57	0,64	70	43	56	52	1,6	0,62	0,04
0,20	3910,5	0,00	39	0,08	0,00	39	87	48	20	68	61	0,55	82	43	63	56	1,9	0,52	0,03
0,27	3913,1	0,00	53	0,10	0,00	53	101	48	27	75	66	0,48	96	43	70	61	2,2	0,45	0,02
0,34	3915,9	0,00	68	0,13	0,00	68	116	48	34	82	71	0,42	111	43	77	66	2,6	0,39	0,02
0,41	3918,8	0,00	83	0,16	0,00	83	131	48	42	90	76	0,37	126	43	85	71	2,9	0,34	0,01
0,48	3921,6	0,00	100	0,18	0,00	100	148	48	50	98	81	0,32	143	43	93	76	3,3	0,30	0,01
0,56	3924,4	0,00	117	0,21	0,00	117	165	48	58	106	87	0,29	159	42	100	81	3,8	0,26	0,02
0,62	3927,0	0,00	135	0,24	0,00	134	182	48	67	115	93	0,26	176	42	109	87	4,2	0,24	0,02
0,68	3929,6	0,00	153	0,26	0,00	153	201	48	76	124	99	0,24	195	42	118	93	4,6	0,22	0,01
0,76	3932,7	0,00	171	0,29	0,00	171	219	48	86	134	105	0,22	213	42	128	99	5,1	0,20	0,01
0,83	3935,3	0,00	191	0,32	0,00	190	238	48	95	143	111	0,20	232	42	137	105	5,5	0,18	0,01
0,90	3938,1	0,00	209	0,34	0,00	209	257	48	104	152	118	0,19	251	42	146	112	6,0	0,17	0,01
0,96	3940,4	0,00	229	0,36	0,00	228	277	49	114	163	125	0,18	271	43	157	119	6,3	0,16	0,01
1,04	3943,6	0,00	248	0,39	0,00	248	297	49	124	173	132	0,17	291	43	167	126	6,8	0,15	0,01
1,11	3946,5	0,00	267	0,42	0,00	267	316	49	133	182	138	0,16	310	43	176	132	7,2	0,14	0,01
1,18	3949,1	0,00	286	0,44	0,00	285	335	50	143	193	145	0,15	329	44	187	139	7,5	0,13	0,01
1,25	3951,9	0,00	304	0,47	0,00	304	355	51	152	203	152	0,14	349	45	197	146	7,8	0,13	0,01
1,31	3954,5	0,00	323	0,50	0,00	322	373	51	161	212	158	0,14	367	45	206	152	8,2	0,12	0,01
1,39	3957,7	0,00	339	0,52	0,00	339	390	51	169	220	164	0,13	384	45	214	158	8,5	0,12	0,01
1,46	3960,6	0,00	354	0,55	0,00	353	405	52	177	229	170	0,13	399	46	223	164	8,7	0,12	0,01
1,54	3963,5	0,00	369	0,58	0,00	369	421	52	184	236	175	0,12	415	46	230	169	9,0	0,11	0,01
1,61	3966,4	0,00	380	0,60	0,00	380	431	51	190	241	178	0,12	425	45	235	172	9,4	0,11	0,01
1,69	3969,6	0,00	394	0,63	0,00	394	446	52	197	249	183	0,12	440	46	243	177	9,6	0,10	0,01
1,74	3971,9	0,00	405	0,65	0,00	404	456	52	202	254	187	0,11	450	46	248	181	9,8	0,10	0,00

Figura 5-60 Hoja con correlaciones resultantes de las medidas durante el ensayo

Otra característica de esta plantilla es que permite visualizar gráficas que realiza con la información en las columnas:

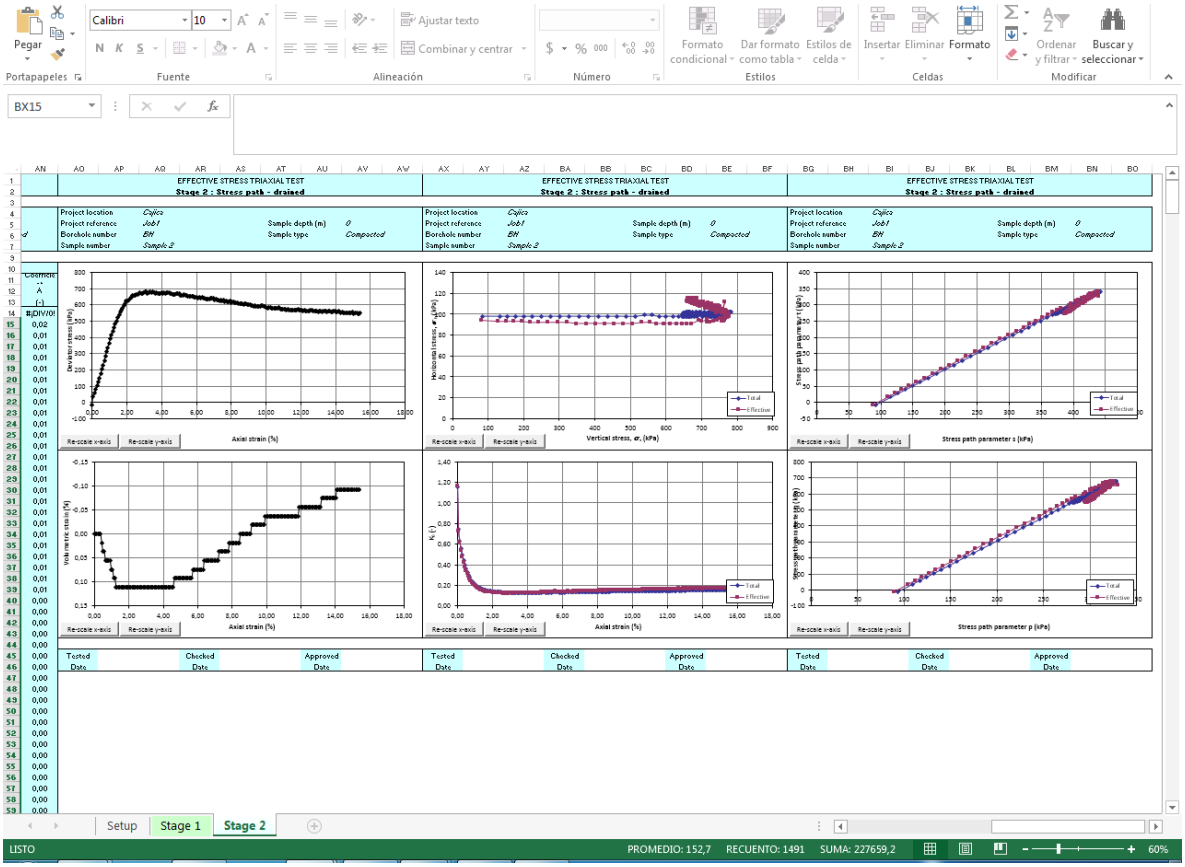


Figura 5-61 Gráficas que proporciona la plantilla

Por ejemplo la plantilla nos da las gráficas de:

- Esfuerzo desviador (kPa) vs Deformación axial (%).
- Esfuerzo vertical (kPa) vs esfuerzo horizontal (kPa).
- Parámetro de trayectoria de esfuerzo t (kPa) vs parámetro de trayectoria de esfuerzo s (kPa).
- Ko (-) vs deformación axial (%).

5.16 Cargar una plantilla desde el software 'effective stress'.

Esta opción sirve para crear reportes con la información recopilada a lo largo del ensayo. Se selecciona 'Export to template' del árbol de navegación de reporte de ensayo.

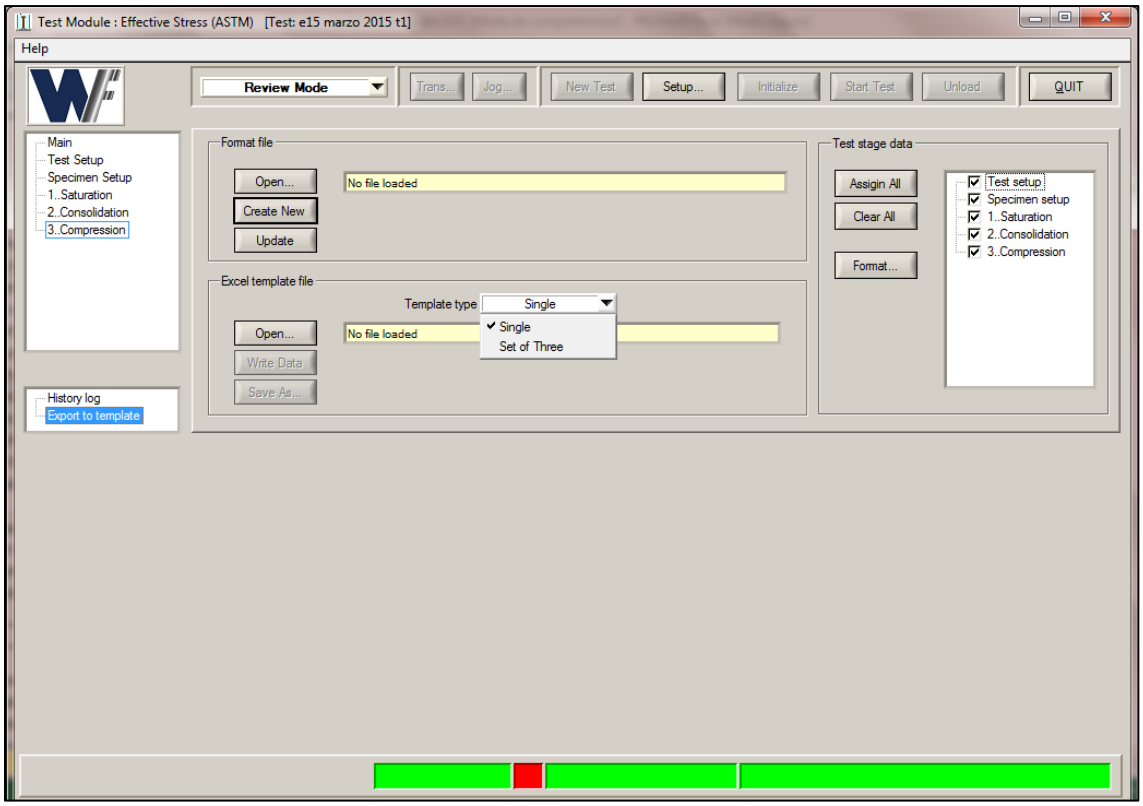


Figura 5-62 Panel de exportación de ensayo a plantilla.

El siguiente procedimiento exporta los datos a la plantilla que facilita el software:

- Oprima el botón 'Open' en la zona de 'Format file'.
  El formato de archivo contiene todas las referencias de celdas requeridas para la plantilla provista por el software.
- Marque los cuadros en la zona de selección de información de etapa, para seleccionar que etapas se quieren poner en el reporte.

Nota: Es importante que cualesquiera las etapas que se escoja los cuadros de 'Test setup' y 'Specimen setup' deben estar marcados, ya que de otra manera no se exportará información a la plantilla y quedará vacia.

- Oprima el botón 'Open…' en 'Excel template file' y, en la ventana que se muestra, seleccione el archivo de plantilla que se requiere y luego de clic en el botón 'Load'.
- A diferencia del software 'Stress path' este software permite crear una plantilla con tres ensayos triaxiales, esto es muy útil ya que el software puede calcular los parámetros de resistencia al corte del suelo a partir de los tres resultados de ensayos ingresados. Si se

quiere hacer esto se debe cambiar el tipo de plantilla en el recuadro 'Template type': de 'Single' a 'Set of three'.

- Oprima el botón 'Write data' en la zona de archivo de plantilla. La información para las etapas que se seleccionaron en el segundo paso, serán puestas en la plantilla en las celdas que están especificadas en los paneles de configuración. La plantilla es ahora un documento de reporte de ensayo.
- Oprima el botón 'Save as…' en la zona de archivo de plantilla, y en la ventana emergente ubique una carpeta de destino y luego de clic en el botón 'Save'.
- Abra el documento de reporte de ensayo que acaba de crear.
- Oprima el botón 'Create Workbook'. Las hojas de trabajo para cada etapa del ensayo serán creadas dentro del documento.
- Vuelva a guardar el archivo.

Bibliografía.

- Real time control management software, Controls-group, 2010.
- Automatic triaxial system hardware setup, Controls-group, 2010.
- Stress path test module software, Controls-group, 2009.
- Norma INVIAS, 2013.

Web-grafía

- www.controls-group-com