

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE LAS
MÁQUINAS DE ENSAYOS UNIVERSALES TREBEL UPM 120KN
Y ZWICK 1141 PARA LA EMPRESA IDEAL ALAMBREC S.A.”**

PROYECTO PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO

A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

DIEGO MARCELO ALTAMIRANO BÁEZ

JUAN FRANCISCO PÁEZ PÁSTOR

DIRECTOR: ING. LUIS ECHEVERRÍA

CODIRECTOR: ING. JOSÉ PÉREZ

Sangolquí, 2005 – 08- 01

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “**ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE LAS MÁQUINAS DE ENSAYOS UNIVERSALES TREBEL UPM 120KN Y ZWICK 1141 PARA LA EMPRESA IDEAL ALAMBREC S.A.**”, fue realizado en su totalidad por los Señores Diego Marcelo Altamirano Báez y Juan Francisco Páez Pástor, como requerimiento parcial a la obtención del título de Ingenieros Mecánicos.

Ing. Luis Echeverría

Director

Ing. José Pérez

Codirector

Sangolquí, 2005 – 08- 10

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“ACTUALIZACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE LAS MÁQUINAS DE ENSAYOS UNIVERSALES TREBEL UPM 120KN Y ZWICK 1141 PARA LA EMPRESA IDEAL ALAMBREC S.A.”

ELABORADO POR:

Diego Marcelo Altamirano Báez

Juan Francisco Páez Pástor

Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica

Mayor Hugo Ruiz

Sangolquí, 2005 – 08- 10

DEDICATORIA

Dedicado a quienes siempre han estado conmigo y me han brindado su apoyo incondicional en todo momento, especialmente a mis padres Marcelo y Victoria los cuales han sido mi ejemplo, y a mis hermanos Daniel y David, mis mejores amigos de toda la vida.

Diego

Para mis padres, hermanos y amigos, quienes siempre me han brindado su apoyo incondicional en los momentos más difíciles, especialmente a mis padres Jaime Augusto y Rosa Mercedes que con su ejemplo de trabajo, dedicación y esfuerzo, han servido de inspiración en todas las acciones de mi vida.

Juan Francisco

AGRADECIMIENTOS

A los Ingenieros Luis Echeverría y José Pérez, por su acertada dirección y colaboración, y por haber compartido con nosotros sus conocimientos que fueron claves para la finalización de este proyecto.

Al Sr. Ayudante de Laboratorio de Resistencia de Materiales, Don Francisco, por la paciencia y ayuda en todos los ensayos realizados, necesarios en este proyecto.

A los departamentos de producción y mantenimiento de IDEAL ALAMBREC, especialmente a los señores Tlgo. Marco Carrera, Milton Guano, Luis Tipán, Luis Criollo y Fabián Villagómez, que con su asesoramiento, nos ayudaron en el desarrollo del proyecto.

Diego, Juan Francisco

RESUMEN

El proyecto realizado tiene como objetivo principal, la actualización del sistema de medición de dos máquinas de tracción de la empresa Ideal Alambrec, debido a que la empresa estos últimos tiempos se ha visto en la necesidad de emitir certificados a los productos que fabrican, y no lo podían hacer debido a que el INEN no certificaba las dos máquinas, las cuales se encontraban descalibradas desde hace algunos años atrás. Estas tienen un sistema de medición analógico, es decir, muestran la fuerza en los ensayos de tracción por medio de un indicador.

Lo primero que se realizó en este proyecto fue la verificación del estado actual de las dos máquinas, lo cual fue hecho por medio de ensayos comparativos con la ESPE y el INEN, para conocer cuanto se alejaban las medidas de las consideradas correctas, verificándose un error promedio de 6.5%. De este análisis, se pudo concluir que existe un desgaste en alguna parte del sistema de medición, y por tanto que la actualización llegaría hasta el punto que mecánicamente lo permitan las dos máquinas en cuestión.

El siguiente punto realizado en el proyecto, fue el análisis y selección de los equipos necesarios para la actualización del sistema de medición. Para la máquina ZWICK, la cual trabaja por medio de un tornillo de potencia y motor eléctrico, se decidió colocar como sensor de fuerza una celda de carga, debido a que la forma de trabajo y su facilidad de montaje permiten ser acoplada a la máquina sin ningún problema. Esta celda de carga tiene una capacidad de 5000 lbs. y su sensibilidad es de 3.112 mV/V. En el caso de la máquina TREBEL, por su funcionamiento por medio de presión de aceite, se selecciono un sensor de presión de un rango de trabajo de 0 – 5000 Psi. y una precisión de 0.6% del fondo de escala, el cual fue colocado en la tubería de presión por medio de una T. Con lo que tiene que ver con desplazamiento, en las dos máquinas se selecciono un sensor de desplazamiento de tipo potenciómetro, los cuales tienen un rango de medición de 0 a 35 cm. y su sensibilidad es

infinita, y fueron acoplados de forma que puedan medir en cualquier posición en que se encuentren los cabezales móviles de las máquinas.

Habiendo escogido los sensores necesarios para transformar los fenómenos físicos en señal eléctrica, se seleccionó el mejor sistema electrónico para mostrar los resultados en pantalla. Para esto se tuvo que escoger entre un PLC o un sistema de Adquisición de Datos, habiendo elegido la segunda opción, debido a que este sistema no necesita controlar ningún parámetro, solo necesita adquirir datos para trabajarlos dentro de un programa. La Tarjeta de Adquisición de Datos es de la National Instruments, y tiene como ventaja principal, que permite adquirir 200000 muestras por segundo y sus entradas de señal son analógicas de $\pm 5V$.

Para enlazar las señales de los sensores, las cuales tienen salidas de resistencia y corriente, se necesitó un sistema de acondicionamiento, el cual transforma señales de corriente y resistencia a voltajes de 0 – 5V., ideales para la entrada a la Tarjeta de Adquisición de Datos. Este sistema escogido es también un producto de la National Instruments, que facilitó el enlace Acondicionador-Tarjeta.

El software en donde se desarrolló la programación del proyecto, es el LabView, el cual es un lenguaje de programación gráfico, y que además nos garantiza la compatibilidad con los sistemas antes mencionados por ser de la misma casa. El programa se lo realizó de acuerdo a los requerimientos de la gente de la empresa Ideal Alambrec, con la finalidad de que sea de fácil uso y exista un enlace usuario-programa.

Se conectaron todos los equipos y se procedió a calibrar las señales. La calibración se la realizó por medio de medidas patrones que ayudaron a obtener las ecuaciones de trabajo de los sensores, que fueron ingresadas en la programación para sacar a pantalla las medidas verdaderas de fuerza y desplazamiento.

Como último se procedió a la verificación del INEN para la certificación de las medidas, obteniéndose muy buenos resultados, ya que el nuevo sistema de medición tuvo un error menor al 1% con respecto a los patrones del INEN en las dos máquinas, que es lo necesario para que esta empresa emita los certificados de calibración necesarios para la finalización del proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	iii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	v
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xv
LISTADO DE TABLAS.....	xix
LISTADO DE FIGURAS	xxi
NOMENCLATURA UTILIZADA	xxvii
LISTADO DE ANEXOS	xxix
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación e Importancia.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.5. Alcance	5

2.	ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MÁQUINA	7
2.1.	Análisis de los Sistemas de Funcionamiento.....	7
2.2.	Determinación de las Variables del Proceso	14
2.3.	Conceptualización del Proceso de Ensayos de Tracción	14
2.4.	Determinación de los elementos a ser reemplazados	18
3.	ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	19
3.1.	Sensores	19
3.2.	Sistema de acondicionamiento.....	32
3.3.	Sistema de adquisición de datos	41
3.4.	Software	44
4.	DISEÑO.....	47
4.1.	Accesorios Mecánicos.....	47
4.2.	Sistema de acondicionamiento.....	64
4.3.	Sistema de adquisición de datos	69
4.4.	Programa.....	70
5.	MONTAJE E INSTALACIÓN	83
5.1.	Montaje de la celda de carga.....	83
5.2.	Montaje de los transductores de desplazamiento.....	84

5.3.	Montaje del transductor de presión.....	87
5.4.	Montaje del Hardware.....	88
5.5.	Instalación del Software	95
6.	PRUEBAS, PUESTA A PUNTO Y CALIBRACIÓN	105
6.1.	Pruebas.....	105
6.2.	Puesta a punto.....	107
6.3.	Calibración	108
6.4.	Análisis de resultados	117
7.	ANÁLISIS ECONÓMICO - FINANCIERO.	121
7.1.	Análisis económico.	121
7.2.	Análisis financiero.	129
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	131
8.1.	Conclusiones.....	131
8.2.	RECOMENDACIONES	132
9.	ANEXOS	133

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1-1 Errores en la máquina Trebel UPM 120 KN.....	3
Tabla 3-1 Ponderación de la matriz de decisión para escoger la celda de carga	24
Tabla 3-2 Matriz de decisión para escoger la celda de carga (Método de Ponderación).....	25
Tabla 3-3 Ponderación de la matriz de decisión para escoger el transductor de desplazamiento.....	27
Tabla 3-4 Matriz de decisión para escoger el transductor de desplazamiento (Método de Ponderación).....	28
Tabla 3-5 Ponderación de la matriz de decisión para escoger el transductor de presión.	30
Tabla 3-6 Matriz de decisión para escoger el transductor de presión (Método de Ponderación).....	31
Tabla 3-7 Ponderación de la matriz de decisión para escoger la plataforma de acondicionamiento.	35
Tabla 3-8 Matriz de decisión para escoger la plataforma de acondicionamiento (Método de Ponderación).....	36
Tabla 3-9: Especificaciones de los módulos de acondicionamiento.....	39
Tabla 3-10: Especificaciones fuente de voltaje.	40
Tabla 3-11 Ponderación de la matriz de decisión para escoger la tarjeta de adquisición de datos.	43
Tabla 3-12 Matriz de decisión para escoger la tarjeta de adquisición de datos DAQ (Método de Ponderación).....	43

Tabla 3-13 Ponderación de la matriz de decisión para escoger el Software a utilizarse.	45
Tabla 3-14 Matriz de decisión para escoger el Software a utilizarse (Método de Ponderación)	45
Tabla 6-1 Datos Carga (kg.) – Voltaje (V) Celda de Carga.....	111
Tabla 6-2 Datos Carga(N) – Voltaje(V) Sensor de presión.....	113
Tabla 6-3 Datos Desplazamiento (mm.) – Voltaje (V) Sensor de Desplazamiento.....	115
Tabla 6-4 Desplazamiento – Voltaje Sensor de Desplazamiento	116
Tabla 6-5 Datos de Calibración con el INEN.	117
Tabla 6-6 Comparación INEN, Sistema anterior de medición, Sistema nuevo de medición.	119
Tabla 7-1 Personal.	121
Tabla 7-2 Misceláneos.....	121
Tabla 7-3 Honorarios a profesionales.....	122
Tabla 7-4 Remuneración a Estudiantes.....	122
Tabla 7-5 Adquisición de materiales y equipos.	122
Tabla 7-6 Otros costos Directos.	125
Tabla 7-7 Total General.....	125
Tabla 7-8 Flujo Neto de Caja por años.....	127
Tabla 7-9 VAN y TIR.....	128
Tabla 7-10 Ingresos y egresos a presente.	129

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2-1. Esquema de la máquina Zwick 1141	7
Figura 2-2. Esquema del sistema de fuerza de la máquina Zwick 1141	8
Figura 2-3. Esquema del sistema de medición de la máquina Zwick 1141.....	9
Figura 2-4. Parte estructural máquina Schenck Trebel Upm 120KN.....	10
Figura 2-5. Esquema del sistema de fuerza máquina Schenck Trebel Upm 120KN.....	11
Figura 2-6. Esquema del sistema de medición de la máquina Trebel Upm 120KN.....	13
Figura 3-1. Celdas Tipo C, S, I.....	22
Figura 3-2. Configuración Puente Completo	23
Figura 3-3. Sensor Potenciométrico.....	26
Figura 3-4. Conector Binder 681	29
Figura 3-5. Conector DIN 43650	31
Figura 3-6. Backplane de 8 canales con 7 módulos de acondicionamiento.....	37
Figura 3-7. Backplane de 8 Canales.....	38
Figura 3-8. Cable NB9 y configuración de conexiones.	41
Figura 3-9 Tarjeta de adquisición de datos PCI	42
Figura 4-1. Esquema de la ubicación de la celda de carga.....	47
Figura 4-2 Diagrama de cuerpo libre de los elementos de unión y la celda de carga.....	48
Figura 4-3 Esquema del elemento de unión superior.....	49

Figura 4-4 Esquema del área sometida a esfuerzo de aplastamiento	49
Figura 4-5 Diagrama de cuerpo libre de la rosca del elemento de unión superior.	50
Figura 4-6 Esquema del elemento de unión inferior.	52
Figura 4-7 Esquema del área sometida a esfuerzo de aplastamiento.	52
Figura 4-8 Diagrama de cuerpo libre de la rosca del elemento de unión inferior.	53
Figura 4-9 Diagrama de cuerpo libre del pasador.	55
Figura 4-10 Diagramas de fuerza cortante y momento flector en el pasador ...	56
Figura 4-11 Esquema de los accesorios para el transductor de desplazamiento.	59
Figura 4-12 Esquema de la ubicación del transductor de presión.	61
Figura 4-13 Área transversal de la sección con menor espesor.	61
Figura 4-14 Esquema de los accesorios para el sensor de desplazamiento	63
Figura 4-15 Esquema de conexiones en la fuente para el backplane.	64
Figura 4-16 Esquema de conexiones de la alimentación en el backplane.	65
Figura 4-17 Esquema de conexión en el módulo 5B38.	66
Figura 4-18 Esquema de conexión del transductor de presión.	67
Figura 4-19 Esquema de conexión en el módulo 5B32.	67
Figura 4-20 Esquema de conexión en el conector de los sensores de desplazamiento.	68
Figura 4-21 Esquema de conexión del transductor de posición en el módulo. .	68
Figura 4-22 Pantalla Principal.	70

Figura 4-23 Programación pantalla principal.....	71
Figura 4-24 Pantalla de ensayos de alambres sin desplazamiento	72
Figura 4-25 Pantalla de ensayos de pletinas sin desplazamiento.....	72
Figura 4-26 Pantalla de ensayos para alambre de púas.....	73
Figura 4-27 Pantalla de ensayos para mallas electrosoldadas.	74
Figura 4-28 Programación que muestra u oculta botones de acuerdo al ensayo.	74
Figura 4-29 Programación de la adquisición de datos	75
Figura 4-30 Ventana para obtener la curva fuerza – desplazamiento del cabezal.....	76
Figura 4-31 Programación de la adquisición de datos.	77
Figura 4-32 Pantalla de impresión del gráfico.....	78
Figura 4-33 Ejemplo de impresión con fluencia incluida.	78
Figura 4-34 Programación para trazar la recta paralela.....	79
Figura 4-35 Programación para imprimir el gráfico.	79
Figura 4-36 Programación para guardar el gráfico en Word.....	80
Figura 4-37 Variables Globales.....	80
Figura 4-38 Ventana del programa de calibración.	81
Figura 4-39 Programación para la adquisición de señales.	82
Figura 5-1 Esquema de montaje de la celda de carga.....	83
Figura 5-2 Esquema del transductor de desplazamiento en la máquina Zwick 1141.....	85

Figura 5-3 Esquema del transductor de desplazamiento en la máquina TREBEL.	86
Figura 5-4 Esquema del montaje del transductor de presión.	87
Figura 5-5 Esquema de instalación de los módulos de acondicionamiento.....	90
Figura 5-6 Pantalla de instalación del NI-DAQ 7.3	90
Figura 5-7 Pantalla que señala los elementos a instalarse.....	91
Figura 5-8 Esquema de instalación de la tarjeta NI DAQ 6024-E.....	92
Figura 5-9 Ícono del Measurements & Automation.....	93
Figura 5-10 Lista de dispositivos de adquisición de datos instalados.....	93
Figura 5-11 Como ingresar al Test Panels	94
Figura 5-12 Pantalla de pruebas del Test Panels.....	94
Figura 5-13 Pantalla de inicio para instalar el LabView 7.1	95
Figura 5-14 Ingreso de los datos de usuario y el número de serie del LabView.	96
Figura 5-15 Pantallas de instalación del LabView.	96
Figura 5-16 Pantallas de las Licencias de instalación del LabView.....	97
Figura 5-17 Pantallas de instalación del LabView.	97
Figura 5-18 Pantalla que pide el ingreso del segundo CD de instalación.....	97
Figura 5-19 Pantalla de instalación de los drivers del segundo CD de LabView.	98
Figura 5-20 Pantalla de instalación de los drivers del segundo CD de LabView.	98
Figura 5-21 Pantalla de instalación de los drivers del tercer CD de LabView...	99

Figura 5-22 Carpeta que contiene el archivo de instalación del Report Generation Tool Kit.....	99
Figura 5-23 Pantalla de instalación del Report Generation Tool Kit.....	100
Figura 5-24 Ingreso de datos de usuario y número de serie del Report Generation Tool Kit.....	100
Figura 5-25 Pantalla de instalación del Report Generation Tool Kit.....	101
Figura 5-26 Pantalla que indica la instalación del Report Generation Tool Kit terminó.....	101
Figura 5-27 Copiar del CD de instalación el programa desarrollado.....	102
Figura 5-28 Carpeta en la que se tiene que pegar la carpeta del programa. ...	102
Figura 5-29 Crear el acceso directo al programa desde el escritorio	103
Figura 5-30 Acceso directo al programa.	103
Figura 6-1 Pantalla de prueba de señales.	105
Figura 6-2 Señal pura del sensor de desplazamiento.	106
Figura 6-3 Gráfico Fuerza – Desplazamiento máquina TREBEL.	107
Figura 6-4 Pantalla de Calibración de las señales.	108
Figura 6-5 Hoja de EXCEL de calibración de los sensores.....	109
Figura 6-6 Pantalla Global FUERZA.	110
Figura 6-7 Calibración por medio de celda de carga (Zwick)	111
Figura 6-8 Curva de calibración Celda de Carga.	112
Figura 6-9 Anillo de calibración INEN.	113
Figura 6-10 Curva de calibración Sensor de Presión.....	114

Figura 6-11 Curva de calibración Sensor de Desplazamiento (Zwick).	115
Figura 6-12 Curva de calibración Sensor de Desplazamiento (Trebel).	116
Figura 6-13 Sello de calibración INEN.....	118
Figura 6-14 Gráficas fuerza – desplazamiento Máquina Trebel.	118
Figura 6-15 Gráficas finales Fuerza – Desplazamiento, máquina Zwick.	120

NOMENCLATURA UTILIZADA

- Exc:	Señal de excitación negativa.
σ_{flector}	Esfuerzo flector
$\sigma_{\text{aplastamiento}}$	Esfuerzo por aplastamiento.
τ :	Esfuerzo cortante
τ_{max} :	Esfuerzo cortante máximo.
$\sigma_{\text{tracción}}$:	Esfuerzo por tracción.
σ_r :	Esfuerzo radial
σ_t :	Esfuerzo tangencial
Ω :	Ohmios
+ Exc:	Señal de excitación positiva.
5B:	Tipo de plataforma de acondicionamiento de la NI
A:	Amperios
AC:	Corriente Alterna
B/C:	Beneficio-Costo
Backplane:	Placa donde se colocan los módulos de acondicionamiento
C:	Fracción de la carga externa soportada en el perno.
CD:	Disco compacto
Chasis:	Carcasa
cm.:	centímetros
d:	diámetro
DAQ:	Tarjeta de adquisición de datos.
DC:	Corriente directa
E:	Módulo de elasticidad
Elongación:	Deformación que sufre el material al ser sometido a una fuerza.
ESPE:	Escuela Politécnica del Ejército
FNC:	Flujo neto de caja.
FS:	Fondo de Escala
F_{Tt}	Fuerza aplicada en los hilos del perno.

I:	Inercia
K_m :	Factor de rigidez del elemento sujetado
KN:	kilo newton
KS:	1000 muestras (Kilo simples)
K_t :	Factor de rigidez del sujetador
lbs.	Libras
M:	Momento flector
mm.:	milímetro
MPa	Mega Pascales
mV:	Milivoltios
N:	newton
NI:	National Instrument
NPT:	Tipo de rosca de forma cónica típica en accesorios de tubería de presión.
p_i :	Presión interna
Psi:	Libras por pulgada cuadrada.
R:	Resistencia.
s:	segundo
SCC:	Tipo de plataforma de acondicionamiento de la NI
SCXI:	Tipo de plataforma de acondicionamiento de la NI
TIR:	Tasa interna de retorno
TMAR:	Tasa mínima de rendimiento
USA:	Estados Unidos de Norteamérica
USD	Dólares americanos.
V:	Voltios
VAN:	Valor actual neto
VDC:	Voltaje de corriente directa
y:	Deflexión

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1: ENSAYOS EN LA MÁQUINA ZWICK 1141

ANEXO 2: ENSAYOS EN LA MÁQUINA TREBEL UPM 120KN

ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS MÁQUINA TREBEL UPM 120KN.

ANEXO 4: CARACTERÍSTICAS MÁQUINA ZWICK 1141.

ANEXO 5: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA CELDA DE CARGA
REVERÉ TRANSDUCER 5000 LBS.

ANEXO 6: INFORMACIÓN DEL TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO
HONEYWELL.

ANEXO 7: INFORMACIÓN DEL TRANSDUCTOR DE PRESIÓN WIKA.

ANEXO 8: INFORMACIÓN DE LA PLATAFORMA DE ACONDICIONAMIENTO
5B.

ANEXO 9: INFORMACIÓN DE LA FUENTE DE PODER DE ANALOG
DEVICES.

ANEXO 10: INFORMACIÓN DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

ANEXO 11: PLANOS ACCESORIOS MECÁNICOS MÁQUINA ZWICK 1141
(CELDA DE CARGA).

ANEXO 12: PLANOS ACCESORIOS MECÁNICOS MÁQUINA ZWICK 1141
(TRANSDUCTOR DE POSICIÓN).

ANEXO 13: PLANOS ACCESORIOS MECÁNICOS MÁQUINA TREBEL UPM
120 KN (TRANSDUCTOR DE PRESIÓN).

ANEXO 14: PLANOS ACCESORIOS MECÁNICOS MÁQUINA TREBEL UPM
120 KN (TRANSDUCTOR DE POSICIÓN).

ANEXO 15: ACERO

ANEXO 16: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

ANEXO 17: PROFORMAS DE MÁQUINAS DE TRACCIÓN NUEVAS.

ANEXO 18: CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

CAPITULO 1:

1. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN.

La Empresa Ideal Alambrec S.A. se dedica a la fabricación de productos a partir del alambro, como son: alambre trefilado, clavos, alambre galvanizado y productos elaborados como mallas, alambre de púas y otros.

Para certificar la calidad de estos productos la empresa cuenta con un Laboratorio de Control de Calidad, el cual tiene como objetivo supervisar la calidad de la materia prima, de todos los procesos de transformación y del producto terminado, emitiendo certificados de calidad para control interno dentro de la empresa y si es requerido certificados externos a los clientes que garanticen la calidad de los productos, este procedimiento se lo realiza diariamente de acuerdo a la programación de la producción de la empresa.

Como parte de este laboratorio se tienen dos máquinas para realizar ensayos de tracción, la ZWICK 1141 y TREBEL UPM 120KN, las cuales antes de iniciado este proyecto se encontraban descalibradas dando un error no lineal en la medida de la carga del 6.5% la primera y un error que varía del 1.55% al 6.3% según la escala en la segunda.

Con este proyecto se pretendió realizar la actualización del sistema de medición de estas máquinas con el objetivo de obtener el mínimo error permitido por el sistema mecánico de estas, intentando llegar a un error menor al 1% para certificar con el INEN.

Para cumplir con este objetivo se utilizó transductores que permiten medir los parámetros de fuerza y deformación, transformándolos a señales de resistencia eléctrica o corriente.

Estas señales fueron acondicionadas por módulos propios para cada señal para posteriormente ser enviadas a una tarjeta de adquisición de datos (DAQ) que convierte las señales a digital para poder ser interpretadas por el computador.

El programa permite graficar la curva fuerza desplazamiento para cada ensayo, además de presentar datos como fluencia, resistencia última, rotura y máxima deformación.

1.2. ANTECEDENTES.

Desde hace algún tiempo la empresa Ideal Alambrec, y específicamente su departamento de control de calidad se encontraban con el problema de que sus dos máquinas de ensayos de tracción se hallaban descalibradas arrojando datos no confiables de los productos que ofrecen al mercado.

Se hicieron varios ensayos en la máquina ZWICK 1141 de Ideal Alambrec y con muestras del mismo lote se procedió a realizar las mismas pruebas en los laboratorios del INEN y de la ESPE con el propósito de comparar los datos (ANEXO 1).

De los datos obtenidos se pudo observar que mientras el INEN y la ESPE tenían datos similares en los ensayos con un promedio de error menor al 1%, la máquina de ensayos ZWICK 1141 de Ideal Alambrec da como resultados datos bastante alejados a los de los otros laboratorios, con lo que se pudo concluir que esta máquina se encuentra descalibrada y con un error promedio del 6.5%.

En la máquina Trebel UPM 120KN se colocó una celda de carga (ANEXO 2), con la cual se pudo verificar que el error de la máquina no era constante y variaba para cada escala, como indica la tabla.

Tabla 1-1 Errores en la máquina Trebel UPM 120 KN

ESCALA	ERROR (%)
0 - 24 KN	6.27
0 - 60 KN	2.85
0 - 120 KN	1.55

De los datos obtenidos para ambas máquinas se pudo concluir que las dos máquinas de la empresa se encuentran descalibradas y que debido al desgaste de las piezas que componen el sistema de medición original de la máquina, sería necesaria su actualización.

El departamento de control de calidad de la empresa estaba en la obligación de realizar la calibración o la compra de unas nuevas máquinas para realizar estos ensayos, puesto que requería emitir certificados de calidad a sus clientes, además de realizar un control interno de sus productos.

La actualización del sistema de medición de estas máquinas pretendió disminuir al mínimo el error que inicialmente estas tenían, intentando llegar a un error menor al 1% para certificar la máquina con el INEN y poder emitir certificados de calidad.

1.3. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

En todo el mundo, y así también en Ecuador, la necesidad de implantación de sistemas de calidad total, debido a la liberación del comercio principalmente, es indispensable. La empresa IDEAL ALAMBREC, pensando en el futuro, ha implantando normas de calidad a su planta y por tanto a sus productos.

Cuando se habla de los productos, se deben tener en cuenta las propiedades mecánicas que los certifiquen, por tanto se vio la necesidad de mejorar las máquinas de ensayos de tracción, que estaban trabajando con un error promedio de 6.5% que es muy grande en comparación del porcentaje

permitido por las normas. En la actualidad la mayoría de compradores de IDEAL ALAMBREC, necesitan tener un certificado de las propiedades mecánicas del alambre, por tanto la compañía se encuentra en la necesidad de entregarlos, siendo imprescindible el realizar la actualización del sistema de medición de las máquinas de tracción.

Se debe tener en cuenta que la realización de este proyecto se tiene más de un solo beneficiario, porque a la vez que IDEAL ALAMBREC se hace más fuerte competitivamente, sus clientes también pueden realizar su trabajo con total seguridad de que los productos que adquieren son de alta calidad.

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Actualizar el sistema de medición de las máquinas de ensayos universales TREBEL UPM 120KN Y ZWICK 1141 para la empresa Ideal Alambrec S.A. para obtener el mínimo error permitido por el sistema mecánico de estas, llegando a un error menor al 1% para certificar con el INEN.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un sistema de medición de fuerza y desplazamiento.
- Seleccionar el sistema más eficiente para la actualización del sistema de medición de las máquinas.
- Instalar el sistema de adquisición de datos, con los sensores y acondicionadores de señal.
- Realizar un programa que permita recopilar la información que envíen los sensores y presentarla de manera amigable al usuario.

- Presentar en el programa los cálculos necesarios y la gráfica esfuerzo vs. desplazamiento.
- Realizar pruebas de funcionamiento y calibración.
- Verificar el error que tenga la máquina después de su actualización.

1.5. ALCANCE

El proyecto consistió en realizar la actualización del sistema de medición de las máquinas de ensayos universales Schenck Trebel Upm 120KN y Zwick 1141 para la empresa Ideal Alambrec.

Dentro de este proyecto, como primer punto, se realiza un análisis preliminar al equipo para comprobar el buen funcionamiento de los sistemas de fuerza, desplazamiento y sistemas de medición. Se determina los elementos a ser reemplazados, para posteriormente proceder a la selección de los equipos necesarios que permiten sensor los parámetros de fuerza y desplazamiento, y convierten estas señales para que sean interpretadas por un programa en el computador.

Luego de automatizar el sistema de medición, se realiza la calibración de las máquinas hasta llegar a obtener el mínimo error permitido por el sistema mecánico de las máquinas, intentando llegar a un error menor al 1% para certificar con el INEN. Si por algún motivo fuera del sistema de automatización la máquina no sería posible llegar a un error menor al 1% por problemas de desgaste o por el sistema mecánico-hidráulico, se someterá a un análisis de los participantes en el proyecto. Después del análisis se establecen posibles causas y se establecen posibles soluciones para disminuir el porcentaje de error, siempre y cuando el error de la máquina sea lineal y sea factible ser corregido, si el error es no lineal se trata de ajustar al menor error posible con lo cual se termina el proyecto.

CAPÍTULO 2:

2. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA MÁQUINA

2.1. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE FUNCIONAMIENTO

2.1.1. MÁQUINA ZWICK 1141

La máquina Zwick 1141 tiene por finalidad realizar ensayos de tracción con una fuerza que llega hasta la 1 ton (10 KN) y una distancia máxima entre mordazas de 600 mm. (ANEXO 4)

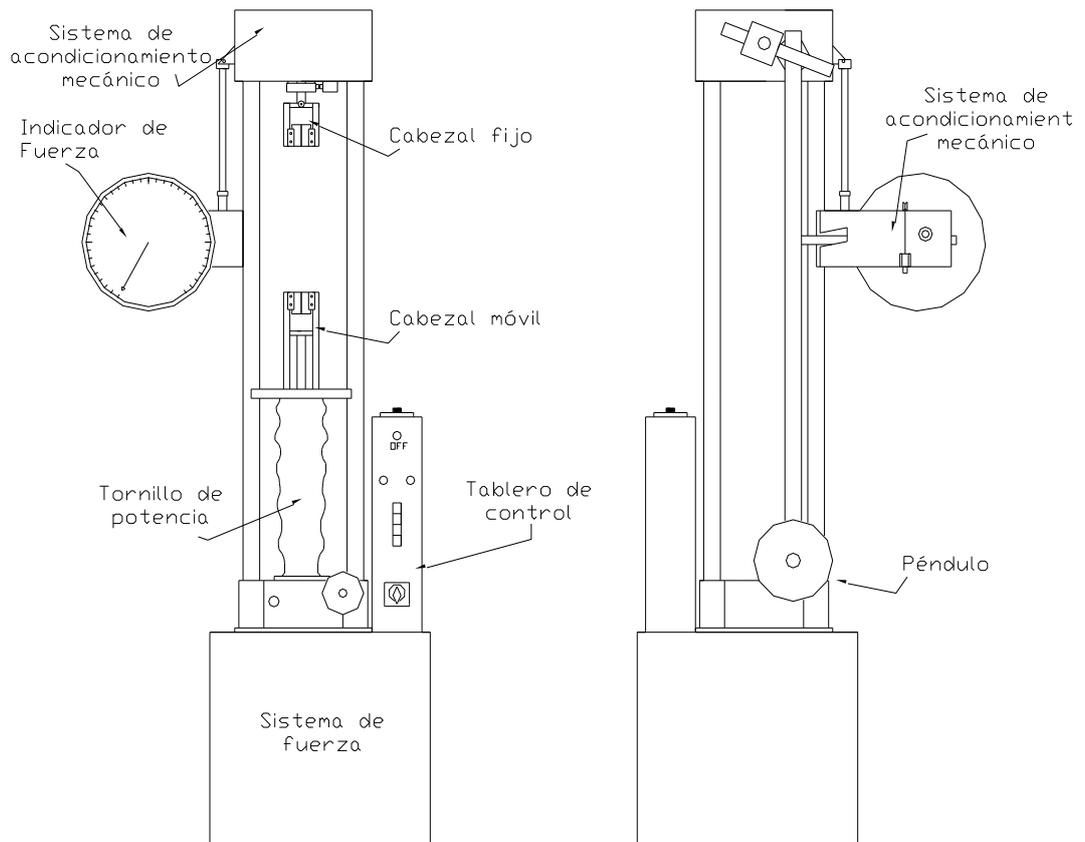


Figura 2-1. Esquema de la máquina Zwick 1141

Esta máquina dentro consta de una parte estructural con guías circulares, en cuya parte superior se encuentra una carcasa que almacena el sistema de acondicionamiento mecánico de la máquina. En la parte inferior se encuentra la base donde esta almacenado el sistema de fuerza de la máquina. Además cuenta de un cabezal fijo y un cabezal móvil entre los cuales se coloca la probeta para realizar el ensayo de tracción.

2.1.1.1. Sistema de Fuerza

El sistema de fuerza de la máquina Zwick 1141 es del tipo mecánico. Funciona en base a un motor unido mediante una banda a un sistema de transmisión de movimiento sinfín – corona.

La banda traslada el movimiento del motor al sinfín, que a su vez hace rotar la corona; esta última se encuentra solidaria en el eje a un tornillo de potencia, el cual es el encargado de mover el cabezal móvil produciendo el efecto de tracción.

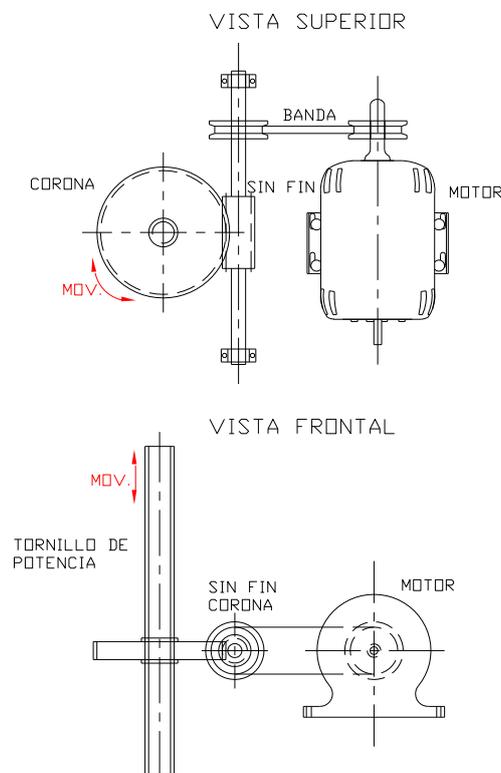


Figura 2-2. Esquema del sistema de fuerza de la máquina Zwick 1141

2.1.1.2. Sistema de Medición

El sistema de medición de la máquina es el encargado de transformar la fuerza de tracción en el movimiento circular que se registra en el reloj. Este sistema se basa en contrapesos como esta esquematizado en la figura.

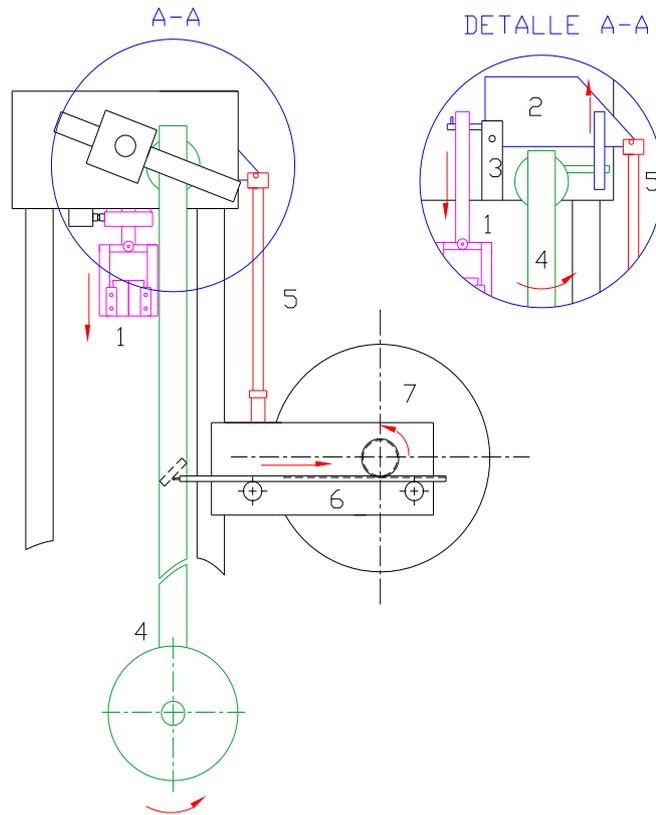


Figura 2-3. Esquema del sistema de medición de la máquina Zwick 1141.

Donde:

1. Cabezal fijo o mordaza.
2. Palanca.
3. Pivote.
4. Péndulo.
5. Amortiguador.
6. Cremallera.
7. Indicador de Fuerza.

Al realizarse el ensayo de tracción, la mordaza fija es arrastrada hacia abajo levantando la palanca que está oscilando en un pivote. Esta acción hace que el péndulo gire en sentido antihorario moviendo la cremallera, la cual a su vez hace girar la aguja del indicador.

Cuando la probeta se rompe, el amortiguador evita que el péndulo regrese con fuerza y golpee la máquina.

2.1.2. MÁQUINA SCHENCK TREBEL UPM 120 KN

La máquina Schenck Trebel UPM 120 KN tiene por finalidad realizar ensayos de tracción y compresión con una fuerza que llega hasta los 120 KN y una distancia máxima entre mordazas de 600 mm. (ANEXO 3)

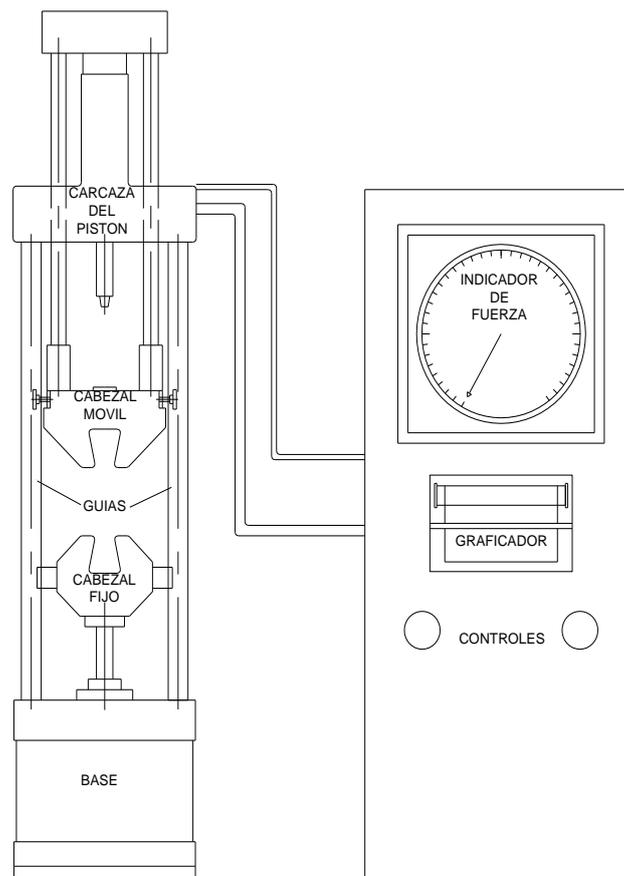


Figura 2-4. Parte estructural máquina Schenck Trebel Upm 120KN

Esta máquina consta de una parte estructural compuesta de dos ejes de acero que sirven como guías y soporte, una base y la carcasa del pistón que mantiene fijas a los ejes en su parte superior, además de un cabezal fijo y un cabezal móvil. Consta también de un tablero ubicado junto a la máquina donde se encuentra el sistema de bombeo, el sistema de medición, el sistema de graficación y el tablero de control.

2.1.2.1. Sistema de Fuerza

El sistema de fuerza es hidráulico y se basa en un pistón que es accionado por una bomba y cuyo flujo de aceite es controlado por válvulas reguladoras y de cierre para mantenimiento. El esquema del sistema de fuerza es ilustrado a continuación:

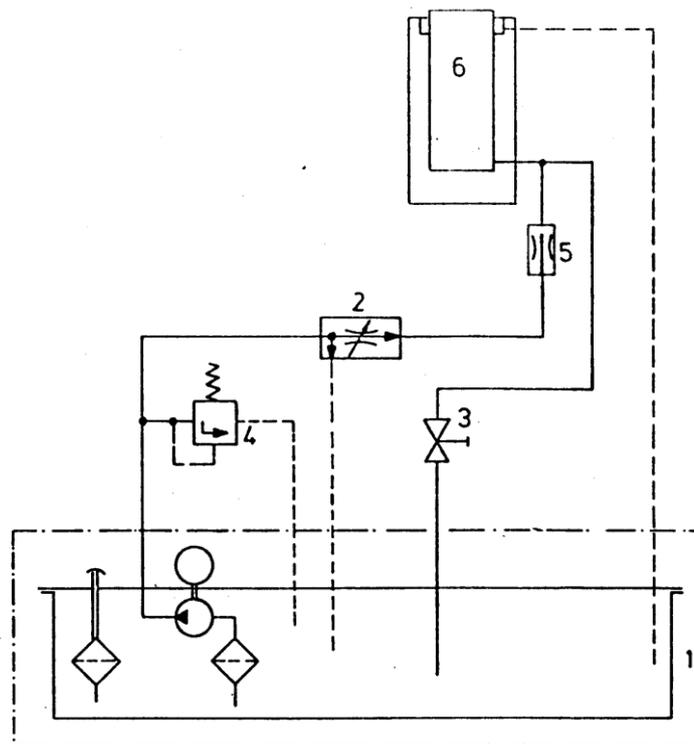


Figura 2-5. Esquema del sistema de fuerza máquina Schenck Trebel Upm 120KN

Donde:

1. Comprende la unidad hidráulica: bomba, filtros y reservorio.
2. Válvula de control de caudal ajustable.
3. Válvula para mantenimiento.
4. Válvula de seguridad.
5. Válvula de restricción fija.
6. Pistón o cilindro.
7. Sistema de Medición.

El sistema de medición propio de la máquina se basa en contrapesos accionados por un pistón hidráulico pequeño.

La presión necesaria para mover el pistón es obtenida de un ramal de tubería más delgado que el de la tubería de fuerza principal. El aceite hace salir el pistón, el cual hala los tirantes haciendo que el péndulo se mueva. La palanca al ser solidaria al péndulo empuja la cremallera y hace girar al engrane que mueve la aguja del indicador.

En el péndulo se añaden pesos según la escala que corresponda, por ejemplo, para una escala superior se coloca mayor peso en el péndulo con lo que se logra un mayor momento de inercia, que a su vez genera un menor movimiento en la cremallera y una menor rotación en el indicador.

El funcionamiento del sistema de medición se esquematiza en la siguiente figura:

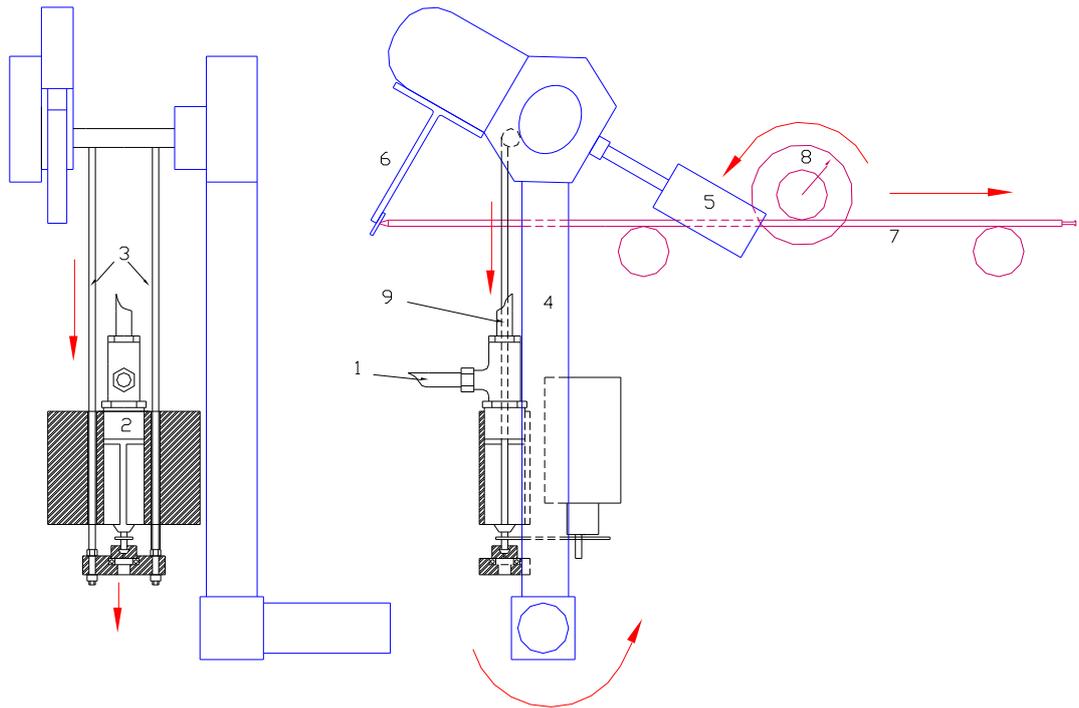


Figura 2-6. Esquema del sistema de medición de la máquina Trebel Upm 120KN

Donde:

1. Entrada de aceite.
2. Cilindro pequeño.
3. Tirantes.
4. Péndulo.
5. Contrapeso.
6. Palanca.
7. Cremallera.
8. Indicador de fuerza.
9. Salida de aceite.

2.2. DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO

Las Schenck Trebel Upm 120KN y Zwick 1141 están diseñada principalmente para realizar ensayos de tracción. La máquina Schenck Trebel Upm 120KN cuenta además con un sistema de graficación para obtener la curva fuerza - desplazamiento.

Como objetivo del proyecto además de la actualización y calibración de las máquinas, se quiso obtener la curva fuerza – desplazamiento de los ensayos para ambas máquinas. Es por ello que se tienen que establecer dos variables dentro de un ensayo de tracción en cualquiera de las máquinas:

Posición del cabezal móvil: mediante el cual se puede conocer el desplazamiento que ha existido entre los cabezales y con ello la deformación que ha sufrido el material de prueba durante el ensayo.

Fuerza de tracción o compresión: mediante este parámetro se puede determinar la fuerza que está sometida la probeta durante el ensayo. De esta fuerza se puede obtener valores como fuerza en la fluencia, fuerza máxima, fuerza de rotura, etc.

Partiendo de estas variables se puede obtener las características de resistencia de una probeta de prueba, y a su vez estas variables serán las que deberán ser analizadas y calibradas durante el proceso de actualización de las máquinas.

2.3. CONCEPTUALIZACIÓN DEL PROCESO DE ENSAYOS DE TRACCIÓN

2.3.1. CONCEPTO DE ENSAYO DE TRACCIÓN EN GENERAL.

El ensayo de tracción (o de tensión) mide la resistencia que tiene un material durante la aplicación gradual de una fuerza tensora.

Para realizar un ensayo de tracción se debe seguir los siguientes pasos:

- Fabricar la probeta: En primera instancia para realizar pruebas de tracción a un material o pieza, se debe fabricar la probeta de acuerdo a las normas preestablecidas para su longitud, forma y establecer las medidas de su área transversal. Se tiene que tomar en cuenta que los datos obtenidos durante el ensayo, describen solamente el comportamiento de inmaterial con esa área transversal en particular.
- Colocar la probeta en las mordazas: para ello se mueve el cabezal móvil hasta tener una distancia entre cabezales que permita asegurar la probeta entre ellos.
- Asegurar la probeta: se tienen que apretar bien las mordazas de tal forma que la probeta quede fija y no se resbale.
- Encendido de la máquina: ya desarrollados los pasos anteriores se procede a prender la máquina para ejecutar el ensayo.
- Se recolectan los datos de fuerza de tensión F y de alargamiento de la probeta para su graficación o posterior análisis.

2.3.2. ENSAYOS DE TRACCIÓN EN LA EMPRESA.

En la Empresa Ideal Alambrec se hacen varios productos, y las máquinas de ensayos de tracción tienen por objeto realizar los ensayos de tracción a los productos para constatar que se encontraba dentro de ciertos requerimientos normalizados por la norma ANSI o INEN, para la mayor parte de ellos. Los principales productos a ser analizados son: alambre galvanizado y trefilado de diferentes diámetros, alambre de púas, mallas electro soldadas, varillas y pletinas de diferentes formas. Además se verifica la resistencia del alambrcn que constituye su principal materia prima.

2.3.2.1. Pruebas de resistencia a la tracción en alambres trefilados y galvanizados.

En el caso de los alambres trefilados y galvanizados la longitud de la probeta varía entre 200 y 400 mm., su diámetro varía entre 0.22 y 3 mm. Durante el ensayo se mide principalmente la fuerza máxima que soporta el material, la cual va a depender del diámetro, del tipo de acero y su calidad, del número de pasos de trefilación y de la velocidad de trefilación; variando entre 20 N y 10 KN aproximadamente. La mayor parte de estos ensayos se realizan en la máquina Zwick 1141.

Los datos de resistencia para comparar con la norma se requieren en N/mm^2 , para ello se divide la fuerza para el área transversal de la probeta. Donde el área transversal corresponde al área de un círculo:

$$\text{Área}[mm^2] = \pi \cdot \frac{(d[mm])^2}{4} \quad \text{Ecuación 2-1}$$

En muchos de los ensayos se requiere además de los datos de fuerza, datos acerca de la deformación que sufre el material (elongación) e inclusive una curva esfuerzo - deformación.

2.3.2.2. Pruebas de resistencia a la tracción en alambres de púas.

Con el alambre galvanizado se realizan varios subproductos dentro de la empresa, uno de estos es el alambre de púas. El alambre de púas consiste en dos alambres galvanizados entorchados y amarrados cada cierta distancia por alambres transversales que terminan en punta formando la púa.

La norma dice que la longitud de la probeta tiene que abarcar cuatro púas, por tanto la distancia varía entre 400 y 1000 mm. Durante el ensayo además de la fuerza máxima, se registra la fuerza a la cual el alambre se desenrolla, para posteriormente sacar un porcentaje de desenrollado.

$$\text{porcentaje_desenrollado}[\%] = \frac{\text{fuerza_desenrollado}[N]}{\text{fuerza_máxima}[N]} \times 100 \quad \text{Ecuación 2-2}$$

Estos ensayos se realizan en la máquina Zwick 1141, pues la carga varía entre 3000 y 5000 N.

2.3.2.3. Pruebas de resistencia a la tracción en mallas electrosoldadas.

Constituye otro de los subproductos dentro de la empresa, en esta se realiza un control a cada punto de soldadura, uno por cada electrodo existente, para ello se somete a tracción la junta soldada y se verifica si la fuerza máxima en newtons que soporta se encuentra dentro del rango establecido.

Para realizar este tipo de ensayos las mordazas tienen que estar lo más juntas posibles, pues la longitud de la probeta es muy corta.

Este tipo de ensayo se lo hace en ambas máquinas, dependiendo del tipo de malla ha ser analizada.

2.3.2.4. Pruebas de resistencia a la tracción en varillas, pletinas y alambrón.

Este tipo de ensayos debido a su área transversal mayor tienen una mayor resistencia a la tracción, es por ello que se los realiza en la máquina Schenck Trebel Upm 120KN. En este tipo de ensayos se requiere obtener los datos de resistencia en N/mm² para comparar con la norma. Para obtener este valor se divide la fuerza para el área transversal de la probeta. Donde el área transversal se calcula dependiendo de la sección que esta tenga.

En algunos de los ensayos se requiere además datos acerca de la deformación que sufre el material (elongación) e inclusive una curva esfuerzo - deformación.

2.4. DETERMINACIÓN DE LOS ELEMENTOS A SER REEMPLAZADOS

De los datos obtenidos al comparar lo que registra los sistemas de medición de la máquina y los obtenidos con la celda de carga de la ESPE, y los ensayos comparativos realizados entre las máquinas de la ESPE y las de la empresa (ANEXO 1 y 2), se determinó que los sistemas de medición de las máquinas se encuentran descalibrados, y se hace muy difícil su calibración.

Se realizó además una inspección técnica a los sistemas de fuerza, determinando que estos funcionan correctamente, por lo que es factible que estas sigan funcionando.

La empresa puso como condición para el proyecto el realizar las menores modificaciones posibles en la máquina, es por ello que no se reemplazará ninguno de los componentes de ella, más bien se anexarán sensores que permitan determinar las variables del proceso y presentarlas en un computador.

CAPITULO 3:

3. ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Después de haber conocido la situación preliminar de las máquinas que serían actualizadas, se definió los parámetros necesarios para la correcta selección del Hardware y Software para el proyecto. Por tanto se debió profundizar sobre los sensores, acondicionadores y sistemas de adquisición de datos para su posterior selección, tomando en cuenta todos los factores que intervienen al escoger un equipo, como puede ser el costo, la precisión, los rangos de trabajo, la disponibilidad en el mercado, etc.

3.1. SENSORES

Los sensores más utilizados en la actualidad son los transductores los cuales sirven para sensar fenómenos físicos como desplazamiento, fuerza, presión, etc., y transformarlos a señal eléctrica.

Según las aplicaciones en la industria se utilizan transductores digitales y analógicos. Los transductores digitales son los que tienen señal digital, es decir, uno o cero (abierto o cerrado) y sirven por ejemplo para informar el final de un proceso, similar al trabajo realizado por un switch. Mientras que, los transductores analógicos sirven para informar la magnitud de un fenómeno físico en el tiempo, por ejemplo el aumento de presión de aceite dentro de un pistón.

Para la selección de los sensores se partió del estudio realizado en el capítulo anterior acerca de la forma física de medición actual. Otro factor importante a resaltar para la selección de los sensores, es que la empresa puso como condición que no se hicieran cambios físicos a estas, tales como huecos, soldaduras, etc.

3.1.1. PARÁMETROS GENERALES PARA LA SELECCIÓN DE SENSORES:

Cuando se trata de seleccionar equipos para sensor procesos de este tipo, existen algunos factores que se deben analizar, estos se clasifican en:

- Aplicación para la cual será utilizada el sensor.
- Características técnicas del sensor.
- Factores que influyen en la instalación.
- Costos de compra e instalación y tiempo de entrega.
- Fiabilidad.

3.1.1.1. Características técnicas del sensor.

a) Rango: es el conjunto de valores comprendidos entre un límite inferior y superior marcado por la capacidad del sensor.

b) Alcance (span): es la diferencia existente entre el límite superior e inferior de trabajo del sensor.

c) Precisión (accuracy): es una de las características más importantes, porque mide la reproducibilidad de varias mediciones. En una medición de proceso es mucho mejor que exista precisión en la medida que exactitud. Esta variable casi siempre se la expresa en porcentaje del span. Puede expresar como el error combinado de la no linealidad, la histeresis y la repetibilidad.

d) No linealidad (non linearity): Es la máxima desviación de la curva característica del sensor, respecto de una línea recta. Esta característica viene dada en porcentaje del span.

e) Sensibilidad (sensitivity): es la relación que existe entre el valor de salida del sensor con el cambio en la variable a medir. Esta característica viene dada en porcentaje del span.

f) Resolución (resolution): es el cambio más pequeño, dentro de la variable a medir, al cual el sensor responde. Es la medida más pequeña que el instrumento sensa.

g) Repetibilidad (repeatability): es la capacidad de reproducir las mediciones realizadas por el mismo equipo al medir repetidamente valores iguales en las mismas condiciones de trabajo. Esta característica se expresa en porcentaje del span.

Para escoger el sensor adecuado para una aplicación se deben tener claros los rangos y especificaciones con las que se quieren trabajar. Se deben tomar en cuenta todos los factores antes mencionados y compararlos con las especificaciones de los fabricantes, y observar si cumple o no con los requerimientos del proyecto.

3.1.2. SENSORES UTILIZADOS EN LA MÁQUINA ZWICK 1141

3.1.2.1. Sensor de Fuerza

Como se vio en el capítulo 2 ésta máquina realiza tracción a través de un tornillo de potencia movido por un motor eléctrico, haciendo que la mordaza hale el soporte de un péndulo y este a su vez mueva un indicador de medición. Partiendo del modo de trabajar de la máquina, la forma correcta de sensar la fuerza que existe entre mordazas es colocando una celda de carga.

La celda de carga es un tipo de resorte, al cual se le mide la deformación de forma electrónica. Son de acero de muy buena calidad y lo que se hace es poner en un lugar del metal un circuito en donde se encuentran cuatro galgas

extensiométricas dispuestas de una forma que al deformarse el metal, estas sufren la misma deformación y cambian su resistencia.

Existen varios tipos de celdas de carga, se clasifican por su forma y por la configuración física de conexión del circuito de medición.

Por su forma existen celdas tipo C, S e I entre las más conocidas. Las celdas de carga tipo S y C son las más utilizadas para aplicaciones a tracción, mientras que las tipo I son más utilizadas a compresión.

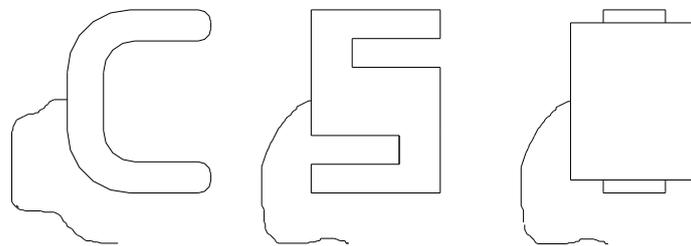


Figura 3-1. Celdas Tipo C, S, I

Por la configuración del circuito de conexión, se clasifican en celdas de puente completo y medio puente. Esto parte de que el montaje más común utilizado para medir deformaciones que es el puente Wheatstone (Figura 3.2). Existen tres montajes básicos: con una, dos y cuatro galgas; y la diferencia entre estos montajes esta dada por la sensibilidad del sensor. La medida en este circuito se realiza midiendo la diferencia de tensión existente entre los terminales de salida del sensor.

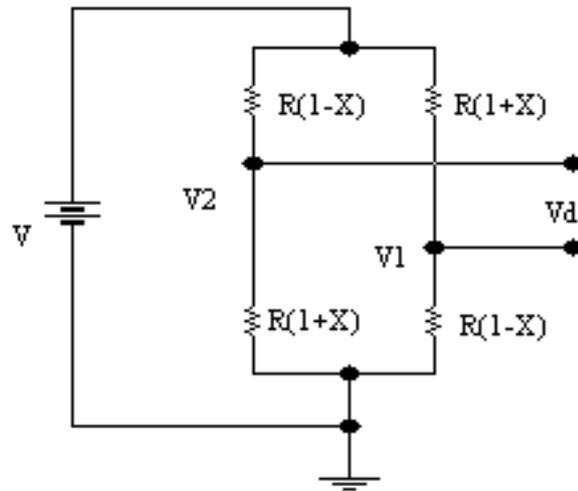


Figura 3-2. Configuración Puente Completo

Debido a que la máquina trabaja a tracción se debió escoger entre una celda de carga tipo S y una tipo C, seleccionándose la celda de tipo S por ser la que más comúnmente se encuentra en el mercado. Como un sistema de medición debe tener la mejor precisión posible, se seleccionó una celda de carga de puente completo. Existen variedad de marcas de celdas de carga con estas características en venta en el mercado nacional, se seleccionó entre dos marcas mediante una matriz de decisión que usa el método de ponderación.

Tabla 3-1 Ponderación de la matriz de decisión para escoger la celda de carga

Característica	%	TRANCELL (USA)	REVERTE TRANSDUCER (USA)
Aplicación para la cual será utilizado el sensor (es muy importante la altura de la celda, mientras menor sea esta es mejor pues la reducción del recorrido de la máquina es menor)	20	11 cm.	10,2 cm.
Características técnicas del sensor	50		
Rango	9	0 - 5000 lbs	0 - 5000 lbs
Alcance (mayor a 1 ton o 2500 lb.)	8	5000 lbs.	5000 lbs.
Precisión	9	0.02% del fondo de escala	0.017 % del fondo de escala
No linealidad	8	0.02% del fondo de escala	0.017% del fondo de escala
Sensibilidad	8	3.04370 mV/V	3.112 mV/V
Repetibilidad	8	± 0.010% del fondo escala	± 0.010% del fondo escala
Adaptabilidad de instalación	10	Se tiene que realizar las piezas.	Las piezas para su montaje ya estuvieron hechas, pues esta celda se montó anteriormente para pruebas
Facilidad de compra (tiempo de entrega)	5	Inmediato	Inmediato
Costo de compra	5	200 dólares	400 dólares
Fiabilidad (la máquina trabajara 24 horas al día)	10	1 año	1 año
Suma	100		

Tabla 3-2 Matriz de decisión para escoger la celda de carga (Método de Ponderación)

No.	Característica	Peso	TRANCELL (USA)		REVERE TRANSDUCER (USA)	
1	Aplicación para la cual será utilizado	0.2	3	0.6	4	0.8
2	Rango	0.09	4	0.36	4	0.36
3	Alcance	0.08	4	0.32	4	0.32
5	Precisión	0.09	3.5	0.315	4	0.36
4	No linealidad	0.08	3.5	0.28	4	0.32
5	Sensibilidad	0.08	4	0.32	3.5	0.28
6	Repetibilidad	0.08	3.5	0.28	3.5	0.28
7	Adaptabilidad de instalación	0.1	2	0.2	4	0.4
8	Facilidad de compra (tiempo de entrega)	0.05	4	0.2	4	0.2
9	Costo de compra	0.05	4	0.2	3	0.15
10	Fiabilidad	0.1	4	0.4	4	0.4
	Suma	1.00	3.48		3.87	
	Relación		0.87		0.97	

* La tabla de decisión a sido evaluada bajo un factor ideal de 4

Como se pudo ver en la tabla, la celda de carga de maraca Reveré Transducer (ANEXO 5) fue la mejor opción pues sirve bien en trabajos de medición, ya que es muy sensible por ser de puente completo y son usadas en balanzas; la linealidad y repetibilidad de datos no tiene un porcentaje de error grande con respecto al fondo de escala (FS), que nos asegura que cada medición realizada se va a acercar a la verdadera.

3.1.2.2. Sensor de desplazamiento

Existen una gran variedad de sensores de desplazamiento, que difieren uno de otro por su forma constitutiva y de trabajo, a continuación se señalan los más importantes:

a) Los sensores que trabajan por ultrasonido y por señal láser se basan en un emisor de ondas y un receptor, mientras se alejan o acercan estos dos, la señal de la onda cambia y esta variación es traducida en cambio de voltaje o corriente. Este tipo de sensores tienen como ventajas principales que su

resolución está en el orden de las décimas y milésimas de milímetro y que la distancia que sensan es de hasta unos cuarenta metros. Como desventaja tienen que deben tener un campo libre para que la onda de sonido o luz láser no se perturbe o corte. Además, su precio es demasiado alto con respecto a los otros sensores de desplazamiento y en el mercado nacional no existen empresas que tengan e importen estos equipos, es por ello que no fueron tomados en cuenta para la selección.

b) Los encoders lineales trabajan por medio de una cuerda que entra y sale del cuerpo del sensor y que se enrollada en este. El movimiento del rodete es traducido a un cambio de voltaje o corriente que va a ser la medición luego.

c) Los sensores potenciométricos (resistencia variable) constan de una resistencia variable (Figura 3.3) que comienza a trabajar cuando el palpador del sensor sale y entra de la carcasa.

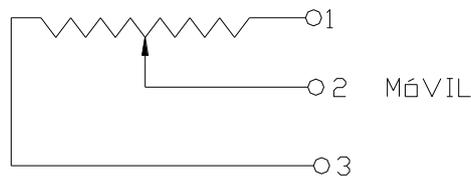


Figura 3-3. Sensor Potenciométrico

Tabla 3-3 Ponderación de la matriz de decisión para escoger el transductor de desplazamiento

Característica	%	Transductor de posición Resistivo Honeywell	Encoder Lineal
Aplicación para la cual será utilizado el sensor (Para esta aplicación es importante que el sensor pueda ser conectado y desconectado fácilmente del proceso)	20	si puede ser desconectado del proceso simplemente desconectando el sistema que arrastra la varilla	si puede ser desconectado del proceso simplemente desconectando el sistema que hala la varilla
Características técnicas del sensor	50		
Rango	10	0 - 355.6 mm.	0 - 50000 mm.
Alcance (mayor a 15 cm.)	10	355.6 mm.	50000 mm.
Precisión	10	0.025 mm.	± 10 mm.
No linealidad	10	± 1%	Lineal
Sensibilidad	10	infinita	5 mm.
Adaptabilidad de instalación	10	Fácil montaje.	Fácil montaje.
Facilidad de compra (tiempo de entrega)	5	9 a 12 semanas	9 a 12 semanas
Costo de compra	10	760 dólares	1800 dólares
Fiabilidad (este sensor será utilizado solo cuando se necesita graficar)	5	1 año	1 año
Suma	100		

Tabla 3-4 Matriz de decisión para escoger el transductor de desplazamiento (Método de Ponderación)

No.	Característica	Peso	Resistivo Honeywell		Encoder Lineal	
1	Aplicación para la cual será utilizado	0.2	4	0.8	4	0.8
2	Rango	0.1	4	0.4	4	0.4
3	Alcance (mayor a 15 cm.)	0.1	4	0.4	4	0.4
5	Precisión	0.1	3.5	0.35	4	0.4
4	No linealidad	0.1	3.5	0.35	4	0.4
5	Sensibilidad	0.1	4	0.4	3.5	0.35
6	Adaptabilidad de instalación	0.1	4	0.4	4	0.4
7	Facilidad de compra (tiempo de entrega)	0.05	3	0.15	3	0.15
8	Costo de compra	0.1	4	0.4	2	0.2
9	Fiabilidad	0.05	4	0.2	4	0.2
Suma		1.00	3.85		3.70	
Relación			0.96		0.93	

* La tabla de decisión a sido evaluada bajo un factor ideal de 4

Como se vio en la matriz el sensor que más se adaptó a este proyecto es el sensor potenciométrico, debido a que por ser de resolución infinita nos va a permitir llegar a trabajar con centésimas de milímetro que es suficiente para las gráficas Fuerza-Deformación y su rango de desplazamiento es superior al alargamiento máximo que sufre una probeta que es de 15 cm., determinado en ensayos.

Las especificaciones de este sensor están en el ANEXO 6 y dentro de ellas se indica que es necesario un conector del tipo Binder 681 (Figura 3.4). Este conector sirve para el interfaz sensor – acondicionador, y consta de un pin hembra de 5 huecos dentro de un conector metálico que se enrosca en la parte inferior del sensor dejándolo asegurado. Es importante tomar muy en cuenta las especificaciones del conector de cada sensor debido a que es muy difícil encontrarlos en las electrónicas especializadas en el país.



Figura 3-4. Conector Binder 681

3.1.3. SENSORES UTILIZADOS EN LA MÁQUINA TREBEL UPM 120KN

3.1.3.1. Sensor de fuerza

A diferencia de la máquina anterior, esta realiza tracción por medio de fuerza hidráulica. Una bomba llena de aceite un pistón, haciéndole subir. Una de las mordazas se encuentra fija mientras que la otra sube y tracciona los elementos de prueba. Partiendo de esta forma de trabajo, se podría utilizar una celda de carga, pero debido a que la capacidad de la máquina es de 120KN se debería colocar una celda demasiado grande en dimensiones y también existe el problema del montaje ya que los cabezales son grandes y fijos. Por tanto la forma más adecuada es colocar un sensor de presión en la línea hidráulica de fuerza.

El principio de funcionamiento de un sensor de presión se basa en el movimiento de un diafragma sujeto a un tipo de resorte que se encuentra dentro, y cede debido al aumento de presión de aceite, y mientras este se mueve va cambiando una señal de corriente o voltaje dentro de un circuito eléctrico.

Una de las especificaciones técnicas de la máquina (ANEXO 3) dice que la presión máxima hidráulica de trabajo es de 240 bares (3500 Psi), por lo cual se debe colocar un sensor que trabaje a una presión superior tomando en cuenta un factor de seguridad. Con esta característica se seleccionó entre varias marcas de sensores que soporten una presión de 5000 Psi.

Tabla 3-5 Ponderación de la matriz de decisión para escoger el transductor de presión.

Característica	%	HONEYWELL DATAMATE SERIES (DM05KPS1WG)	WIKA (TIPO ECO -1)	DWYER (Series 682)
Aplicación para la cual será utilizado el sensor (se tiene que ver que exista un módulo que acondicione la señal de salida del sensor)	20	4 a 20 mA. (si existe un módulo)	4 a 20 mA. (si existe un módulo)	4 a 20 mA (si existe un módulo)
Características técnicas del sensor	50			
Rango (0 - 240 bares (3500 psi))	20	0 a 5000 psi.	0 a 5000 psi	0 a 5000 psi
Alcance (240 bares (3500 psi))	10	5000 psi.	5000 psi.	5000 psi.
Precisión (incluye no linealidad, histéresis y repetibilidad)	20	1.0% del fondo de escala	0.25 % del fondo de escala	0.13 % del fondo de escala
Adaptabilidad de instalación (depende del tipo de rosca que se tenga para facilitar la adquisición de accesorios)	10	1/8 NPT	1/4 NPT	1/4 NPT
Facilidad de compra (tiempo de entrega)	5	6 - 8 semanas (difícil adquisición)	3 - 4 semanas	6 - 8 semanas
Costo de compra	5	495 dólares	400 dólares	900 dólares
Fiabilidad	10	1 año	1 año	1 año
Suma	100			

Tabla 3-6 Matriz de decisión para escoger el transductor de presión (Método de Ponderación)

No.	Característica	Peso	HONEYWELL DM05KPS1WG		WIKA ECO -1		DWYER Series 682	
1	Aplicación para la cual será utilizado	0.2	5	1	5	1	5	1
2	Rango	0.2	5	1	5	1	5	1
3	Alcance	0.1	5	0.5	5	0.5	5	0.5
4	Precisión	0.2	3	0.6	4	0.8	5	1
5	Adaptabilidad de instalación	0.1	4	0.4	5	0.5	5	0.5
6	Facilidad de compra	0.05	2	0.1	5	0.25	3	0.15
7	Costo de compra	0.05	4	0.2	5	0.25	2	0.1
8	Fiabilidad	0.1	5	0.5	5	0.5	5	0.5
	Suma	1.00	4.30		4.80		4.75	
	Relación		0.86		0.96		0.95	

La tabla de decisión a sido evaluada bajo un factor ideal de 5

De la matriz se escogió el transductor de presión marca WIKA (ANEXO 7). Este sensor cuenta con una conexión de un conector de cuatro cables DIN 43650 (Figura 3.5), con una protección ambiental contra perturbación de señales exteriores IP 65 NEMA 5 y protección eléctrica contra conexión de polaridad inversa y sobrevoltaje.

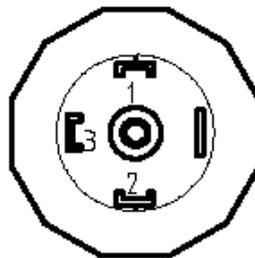


Figura 3-5. Conector DIN 43650

3.1.3.2. Sensor de desplazamiento

La máquina en estudio, posee un sistema de graficación de diagramas Fuerza-Desplazamiento, el cual trabaja por medio de poleas y alambre que es jalado por el cabezal superior que sube por la presión hidráulica. Este sistema de medición va a ser remplazado por el mismo sensor de desplazamiento descrito anteriormente para la otra máquina (ANEXO 6), ya que cumple la misma función y tiene los mismos rangos de trabajo.

3.2. SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO

Cuando existe un sistema electrónico donde se van a sensor magnitudes físicas, se debe tener muy en cuenta que las salidas de señal no están estandarizadas y que dependen del funcionamiento y estructura de cada sensor. Estas señales deben ser presentadas a un usuario final, que puede no estar preparado para interpretar señales de voltaje, corriente o resistencia. Por tanto es necesario tener una forma de captar y transformar los datos, para lo cual existen tarjetas de adquisición de datos o plcs, que van a ser tratados en la siguiente sección, que tienen entradas específicas de señal, diferentes en la mayoría de casos a los rangos de señales que envían los sensores.

Debido a todo esto es indispensable, la aplicación de acondicionadores de señal, que cumplen las siguientes funciones principales:

- a) Amplificación:** Existen veces en que la señal del sensor es pequeña, por ejemplo, en el orden de los milivoltios, por lo que se necesita que se amplifique la señal para mejor visualización de la magnitud física

- b) Filtro:** En la mayoría de casos, las señales eléctricas se ven afectadas por una inducción de corriente externa proveniente de otro sistema llamada ruido, que cambia los valores de la señal verdadera traducido en cambios en picos de frecuencia. Por esto los acondicionadores filtran la señal poniéndola esta dentro de un rango de operación determinado.

c) Linealización.

d) Aislamiento

e) Alimentación: En ocasiones los acondicionadores también tienen la capacidad de alimentar los sensores para obtener de estos señal eléctrica.

El acondicionador de señal tiene que cambiar la característica estática del sensor para sacar una señal lineal analógica. Se debe conocer cual es el rango de señal de salida (output signal) de cada uno de los sensores que se van a utilizar en el proceso. En el caso de este proyecto, los sensores antes mencionados tienen las siguientes salidas:

- Celda de carga: su sensibilidad: 3.112 mV/V y con una excitación de 10 V.
- Sensores de desplazamiento: Salida: 5000 Ohms.
- Sensor de presión: Salida: 4 – 20 mA.

Existen varias opciones de acondicionadores en el mercado. La principal opción que eligen las personas que hacen trabajos de automatización, es realizar sus propios acondicionadores de señal, los cuales son fabricados de acuerdo a sus conocimientos técnicos y por tanto no tienen una garantía igual que un aparato comprado. Otra opción es adquirir acondicionadores a empresas especializadas de acuerdo a las especificaciones que se necesitan y además garantizados. En este proyecto se prefirió adquirir los acondicionadores ya que se necesita tener equipos de buena tecnología, que estén hechos para la industria y que nos permitan tener la precisión necesaria en un sistema de medición experimental.

Muchos de los sensores, traen consigo su propio acondicionador de la misma marca que además tienen un propio display. Este factor limita mucho a los usuarios, ya que esto obliga a adquirir sensores de las mismas marcas que a veces no cumplen con los requerimientos necesarios. Por esto se decidió utilizar los acondicionadores de señal de la marca National Instruments, debido a que estos productos tienen como objetivo principal acondicionar la señal indiferente a la marca del sensor, dependiendo solo de las salidas de corriente, resistencia o voltaje que estos tengan, y la configuración de las entradas de la tarjeta de adquisición de datos.

Esta marca tiene algunas plataformas de acondicionamiento: SCXI, SCC, SC Series, Field Point y 5B. Las plataformas SCC y SC series no tienen módulos de acondicionamiento que se acoplen a las salidas de los sensores, es por ello que se escogió entre las plataformas SCXI, Field Point y 5B.

Tabla 3-7 Ponderación de la matriz de decisión para escoger la plataforma de acondicionamiento.

Característica	%	SCXI	FIELD POINTS	5B
Compatibilidad (sensores seleccionados)	25	Celda de Carga: SCXI-1520 Trans. de presión: Potenciómetros:	Celda de Carga: FP-SG-140 Input Module Transd. de presión: FP-AI-110 Analog Input Module Potenciómetros	Celda de Carga: 5B38 Strain Gauge Input Transd. de presión: 5B32 Current Input Module Potenciómetros: 5B36 Potentiometer Input Module
Expansibilidad	5	El chasis tiene espacio para 4 módulos, y cada módulo tiene 8 canales	La base terminal soporta 6 módulos y cada módulo tiene 8 canales	Soporta 8 módulos con 1 canal cada uno
Velocidad de adquisición	25	100000 muestras por seg. Según la DAQ escogida	2 muestras por segundo. No necesita DAQ.	200000 muestras por seg. Según la DAQ escogida.
Portabilidad y Protección	5	Con Chasis	Con Chasis	No tiene chasis
Industrial	10	Al tener chasis tiene protección al ruido	Al tener chasis tiene protección al ruido	No tiene una alta protección al ruido
Adaptabilidad de instalación (montaje)	5	Por el chasis muy fácil el montaje y las conexiones	Por el chasis muy fácil el montaje y las conexiones	Es necesario hacer una caja de protección.
Facilidad de compra (tiempo de entrega)	5	35 días	35 días	35 días
Costo de compra	10	4900 dólares	2500 dólares	3850 dólares
Fiabilidad	10	1 año	1 año	1 año
Suma	100			

Tabla 3-8 Matriz de decisión para escoger la plataforma de acondicionamiento (Método de Ponderación)

No.	Característica	Peso	SCXI		FIELD POINTS		5B	
1	Compatibilidad	0.25	5	1.25	5	1.25	5	1.25
2	Expansibilidad	0.05	5	0.25	4	0.2	3	0.15
3	Velocidad de adquisición	0.25	4	1	1	0.25	5	1.25
4	Portabilidad y Protección	0.05	5	0.25	5	0.25	4	0.2
5	Industrial	0.1	5	0.5	5	0.5	4	0.4
6	Adaptabilidad de instalación	0.05	5	0.25	5	0.25	4	0.2
7	Facilidad de compra	0.05	5	0.25	5	0.25	5	0.25
8	Costo de compra	0.1	2	0.2	5	0.5	4	0.4
9	Fiabilidad	0.1	5	0.5	5	0.5	5	0.5
Suma		1.00	3.95		3.45		4.60	
Relación			0.79		0.69		0.82	

* La tabla de decisión a sido evaluada bajo un factor ideal de 5

El sistema que se necesario para la actualización del sistema de medición de las máquinas de tracción, debe tener principalmente una velocidad alta de adquisición de datos con la finalidad de no perder ninguna información durante los ensayos y además debe soportar las entradas de señal que ya antes se mencionaron. Existen factores como expansibilidad, densidad de canales y la portabilidad que no influyen en el proyecto, porque este equipo va a estar fijo cerca de las máquinas y no va a necesitar ampliarse mayormente en un futuro.

3.2.1. ACONDICIONADORES DE SEÑAL 5B

El sistema de acondicionamiento de señal 5B, consta de unos módulos de canal simple que son montados en un backplane de 8 a 16 canales. Estos sistemas tienen como características principales:

- Aislamiento.
- Rechazo de ruido.
- Amplificación de señal.

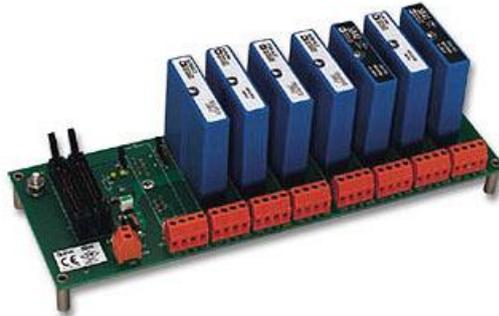


Figura 3-6. Backplane de 8 canales con 7 módulos de acondicionamiento

Se necesita una fuente de 5V, la cual alimenta al backplane y los módulos, y también dependiendo del voltaje necesario puede caso alimentar a los sensores. El enlace con la adquisición de datos se realiza por medio de un cable tipo bus de datos exclusivo para estas aplicaciones

3.2.1.1. Backplane

Es la placa donde se alojan los módulos de acondicionamiento, y se pueden montar ocho de estos. Esta placa provee terminales de conexión directa para los sensores y un conector de 26 pines que sirve de interfase con el sistema de adquisición de datos.

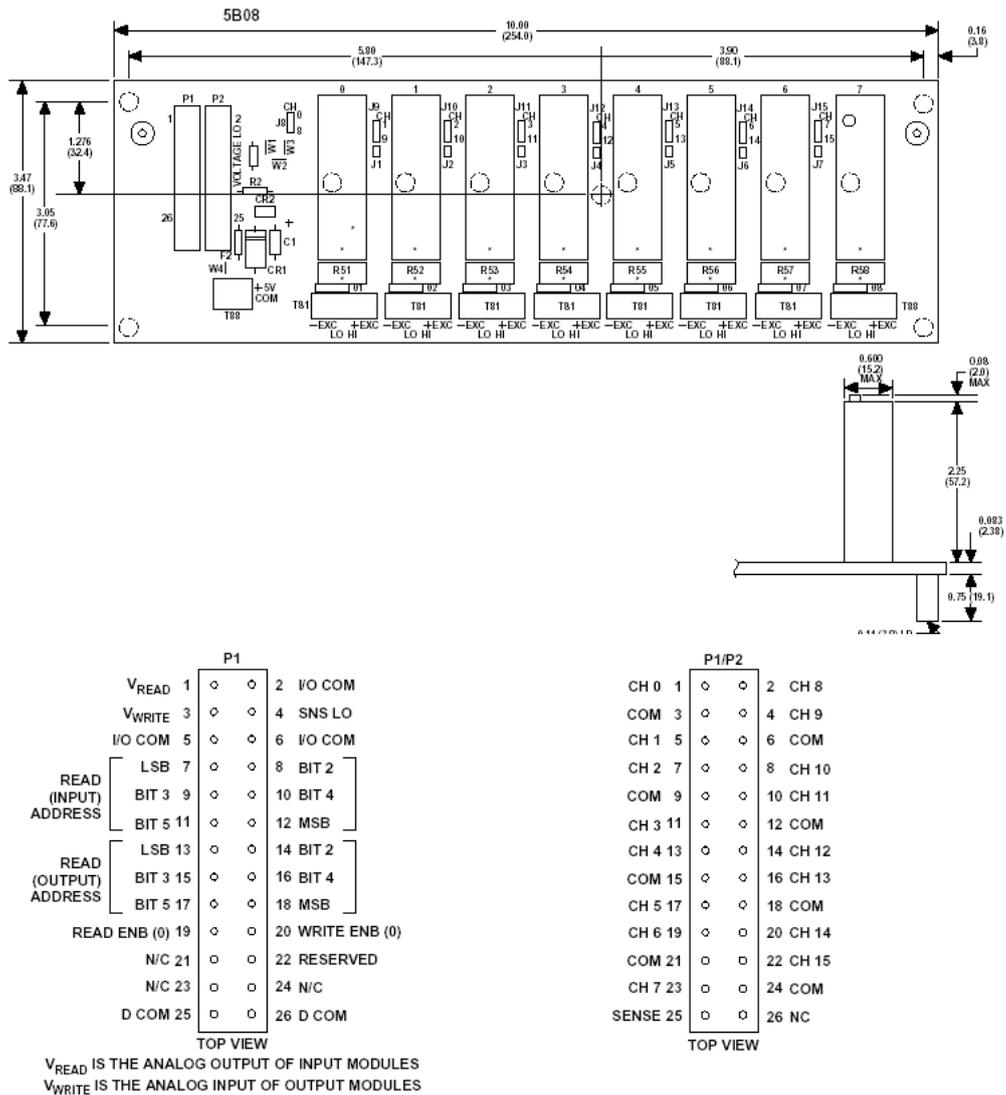


Figura 3-7. Backplane de 8 Canales

3.2.1.2. Módulos de acondicionamiento de señal

Los módulos 5B son acondicionadores de señal de alto desempeño y bajo costo. Están diseñados para aplicaciones industriales, debido a que tienen un sistema de aislamiento de los canales que permiten una larga estabilidad de señal en el tiempo. Sus funciones principales son las siguientes:

- Filtrado
- Amplificación
- Aislamiento

- Alto rechazo de ruido
- Precisión alta 0.05%
- Rango de temperatura admisible -25°C a 85°

Estos módulos son de canal simple, por tanto para nuestra aplicación se necesita, un módulo para el sensor de presión, dos módulos para potenciómetros (sensor de desplazamiento) y un módulo para celda de carga. Las especificaciones se muestran en la tabla 3.9 y en el ANEXO 8.

Tabla 3-9: Especificaciones de los módulos de acondicionamiento.

Especificaciones módulo procesos con entrada de corriente (Sensor de Presión)	
Entrada	4-20 mA
Precisión	±0.05%FS
Estabilidad compensada	±25 ppm/°C de V_{oltaje}
Estabilidad en la ganancia	±25 ppm/°C
Estabilidad resistiva	±10 ppm/°C
Requerimiento de energía	30 mA a 5 VDC
Rango de salida	5 V
Especificaciones módulo procesos con entrada de potenciómetros (Sensor de Desplazamiento)	
Entrada	0-10 KOhms
Precisión	±0.08%FS
Estabilidad compensada en la entrada	±0.004Ω /°C
Estabilidad compensada en la salida	±20 mV/°C
Estabilidad en la ganancia	±30 ppm/°C
Corriente de excitación	0.1 mA
Requerimiento de energía	15 mA a 5 VDC
Rango de salida	5 V
Especificaciones módulo procesos con entrada de celda de carga	
Entrada	Puente Completo
Excitación	10 V.
Sensibilidad	2 mV/V
Rango de salida	5 V
Precisión	±0.08%FS
Estabilidad compensada en la entrada	±1 μV/°C
Estabilidad compensada en la salida	±40 μV/°C
Estabilidad en la ganancia	±25 ppm/°C
Estabilidad en la excitación	±15 ppm/°C
Requerimiento de energía	200 mA a 5 VDC

3.2.1.3. Fuente de poder

Esta fuente de voltaje sirve para alimentar eléctricamente al backplane y a los módulos, con la finalidad de que la señal se acondicione y sea presentada en una pantalla. Las especificaciones de la fuente están en la tabla 3.10 y en el ANEXO 9.

Tabla 3-10: Especificaciones fuente de voltaje.

Voltaje de entrada	105 – 125 V AC
Frecuencia	50 Hz – 150Hz
Voltaje de salida	5 V DC
Protección de corto circuito	Corriente Limitada
Protección sobrevoltaje	+ 6.2 V DC
Corriente de salida	1000 mA
Precisión de voltaje	± 2% máximo
Coefficiente de Temperatura	±0.02%/°C
Rango de temperatura de operación	-25°C a +71°C
Ruido	2 mV de pico a pico máximo

3.2.1.4. Cable

El tipo de conexión necesario, se realiza por medio de un cable tipo bus de datos, que en un lado tiene un conector de 26 pines que se conecta al backplane, y al otro lado un conector de 68 pines que en este caso va a enlazar a una tarjeta de adquisición de datos. Un esquema del cable se muestran en la figura 3.7.

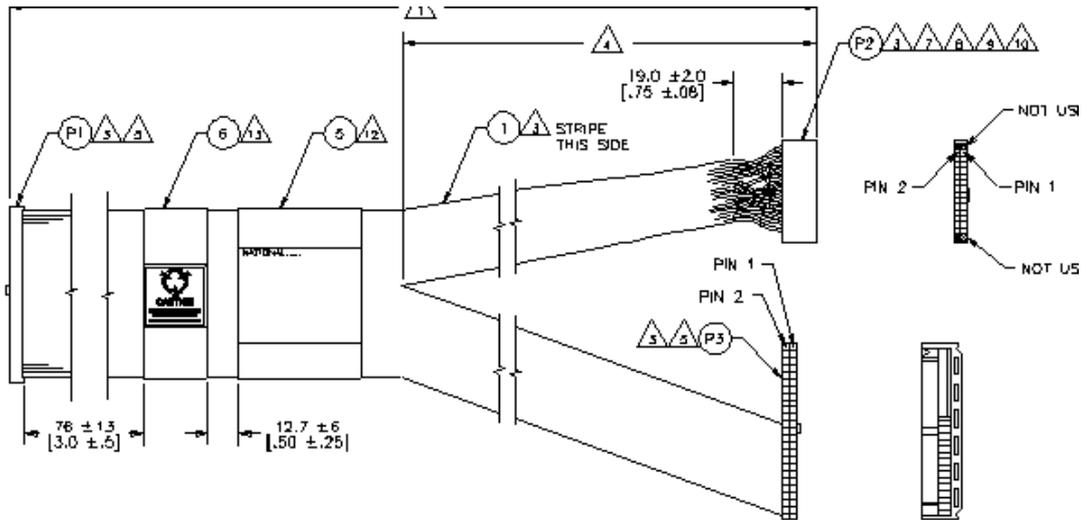


Figura 3-8. Cable NB9 y configuración de conexiones.

3.3. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Después del acondicionamiento, la señal sigue siendo analógica y debido a esto se debe buscar un sistema que la procese, esto quiere decir, que esta información debe ser transformada en señal digital para que sea interpretada por el computador y se pueda mostrar al usuario final. Los equipos que realizan estas funciones son los conversores analógico – digitales, y estos se conectan con la computadora por medio de alguno de los puertos de transmisión de datos que son:

- Serial
- Paralelo
- USB
- Tarjeta PCI

Los puertos serial, paralelo y USB tienen una velocidad de transmisión alta, pero existen las tarjetas PCI que son unos dispositivos que se conectan directamente con el procesador de la máquina y por tanto su rapidez depende de esta. Estas tarjetas vienen de diferentes tipos, y su precio no es alto. Por estas razones se decidió utilizar una tarjeta de adquisición de datos de la National Instruments, que facilita también la conexión con el sistema de acondicionamiento de señal.



Figura 3-9 Tarjeta de adquisición de datos PCI

De acuerdo a las recomendaciones que da el catálogo de la National Instruments (ANEXO 8) las tarjetas de adquisición de datos más adecuadas para trabajar con la plataforma 5B son las de la serie E y para trabajar directamente con el cable NB9 que sale del acondicionador con 50 pines machos utilizando solo una adaptador adicional a 68 pines hembra, debemos escoger una tarjeta que tenga 68 pines de salida, por tanto escogimos entre:

Tabla 3-11 Ponderación de la matriz de decisión para escoger la tarjeta de adquisición de datos.

CARACTERÍSTICA		ENTRADAS ANALÓGIC.	RESOLUCIÓN	VELOCIDAD MUESTREO	RANGO DE ENTRADA	SALIDAS ANALÓGICAS	PRECIO	TOTAL
DESCRIPCIÓN		mínimo 6	mayor resolución	mayor velocidad	mínimo $\pm 5V$	aplicaciones posteriores		
PONDERACIÓN		20	15	20	15	10	20	
DAQ	NI PCI-6023E	16	12 bits	200 KS/s	± 0.05 a $\pm 10 V$	–	522	
	NI PCI-6024E	16	12 bits	200 KS/s	± 0.05 a $\pm 10 V$	2	762	
	NI PCI-6025E	16	12 bits	200 KS/s	± 0.05 a $\pm 10 V$	2	918	
	NI PCI-6032E	16	16 bits	100 KS/s	$\pm 0.1V$ a $\pm 10V$	–	1974	
	NI PCI-6034E	16	16 bits	200 KS/s	± 0.05 a $\pm 10 V$	–	786	
	NI PCI-6036E	16	16 bits	200 KS/s	± 0.05 a $\pm 10 V$	2	1050	
	NI PCI-6040E	16	12 bits	500 KS/s	± 0.05 a $\pm 10 V$	2	1314	
	NI PCI-6052E	16	16 bits	333 KS/s	± 0.05 a $\pm 10 V$	2	2370	
NI PCI-6070E	16	12 bits	1250 KS/s	± 0.05 a $\pm 10 V$	2	4740		

Tabla 3-12 Matriz de decisión para escoger la tarjeta de adquisición de datos DAQ (Método de Ponderación).

DAQ	ENTRADAS ANALÓGICAS		RESOLUCIÓN		VELOCIDAD MUESTREO		RANGO DE ENTRADA		SALIDAS ANALÓGICAS		PRECIO	TOTAL	
NI PCI-6023E	5	1	4	0.6	3	0.6	5	0.75	0	0	5	1	3.95
NI PCI-6024E	5	1	4	0.6	3	0.6	5	0.75	5	0.5	5	1	4.45
NI PCI-6025E	5	1	4	0.6	3	0.6	5	0.75	5	0.5	4	0.8	4.25
NI PCI-6032E	5	1	5	0.75	2	0.4	5	0.75	0	0	2	0.4	3.3
NI PCI-6034E	5	1	5	0.75	3	0.6	5	0.75	0	0	5	1	4.1
NI PCI-6036E	5	1	5	0.75	3	0.6	5	0.75	5	0.5	3	0.6	4.2
NI PCI-6040E	5	1	4	0.6	4	0.8	5	0.75	5	0.5	3	0.6	4.25
NI PCI-6052E	5	1	5	0.75	3	0.6	5	0.75	5	0.5	2	0.4	4
NI PCI-6070E	5	1	4	0.6	5	1	5	0.75	5	0.5	1	0.2	4.05

De la matriz de decisión se seleccionó a la tarjeta NI 6024-E (ANEXO 10) como la mejor opción.

Todos los sistemas escogidos en el presente proyecto, se basan en que un sistema de medición debe ser lo más preciso posible, y se debe tener el mayor número de muestras en un tiempo determinado que asegure esto. Un PLC no fue escogido, porque este sistema no necesita controlar ninguna variable, solo necesita ingresar señales que van a ser tratadas por software, por tanto al usar este tipo de equipo, no se le estuviera dando un aprovechamiento completo. Una tarjeta de adquisición esta destinada más a lo que es manejo de señales dentro del computador, aunque cabe destacar también que tiene salidas para control de procesos.

3.4. SOFTWARE

Los datos que llegan de las señales de los sensores, deben ser tratados para presentarlos al usuario final. Esto se realiza por medio de programas especializados que sirven de enlace entre el hardware y el software.

Existen varios tipos de software que permiten manejar las señales recibidas, como el Visual Basic, el In Touch o el LabView. En este proyecto es mucho más adecuado manejar todos los equipos por medio de programas de la National Instruments, ya que esto nos garantiza el correcto funcionamiento y compatibilidad, principalmente con la tarjeta de adquisición de datos. Se optó por el LabView porque es un software de programación, totalmente destinado para manejo, manipulación y presentación de datos en pantalla. La facilidad de este programa esta en que su programación se realiza gráficamente, por medio de iconos (funciones) que son conectadas entre si para cumplir las operaciones que el usuario desee.

Tabla 3-13 Ponderación de la matriz de decisión para escoger el Software a utilizarse.

Característica	%	IN TOUCH	LABVIEW	VISUAL BASIC
Facilidad de programación	30	No se conoce su lenguaje de programación	Se maneja en la universidad	se conoce un poco del lenguaje de programación
Compatibilidad con elementos de control	35	Es de una marca diferente a NI	Es un programa NI y todo el equipo es de la misma casa	No es un programa especializado en HMI
Costo de licencia	20	600 dólares	1314 dólares	150 dólares
Ayuda Técnica	15	bueno	muy buena	muy buena
Suma	100			

Tabla 3-14 Matriz de decisión para escoger el Software a utilizarse (Método de Ponderación)

No.	Característica	Peso	IN TOUCH		LABVIEW		VISUAL BASIC	
1	Facilidad de programación	0.3	2	0.6	4	1.2	3	0.9
2	Compatibilidad	0.35	3	1.1	4	1.4	2	0.7
3	Costo de licencia	0.2	3	0.6	2	0.4	4	0.8
4	Ayuda Técnica	0.15	3	0.5	4	0.6	4	0.6
	Suma	1	2.70		3.60		3.00	
	Relación		0.54		0.72		0.6	

La tabla de decisión a sido evaluada bajo un factor ideal de 4

La tarjeta de adquisición de datos, trae consigo un software de instalación, que sirve para que la tarjeta sea reconocida en la computadora y además es una forma de probar el buen funcionamiento de esta, ya que permite manejar y configurar las entradas de señal para poderlas observar en pantalla.

CAPÍTULO 4:

4. DISEÑO

4.1. ACCESORIOS MECÁNICOS

Luego de la selección de los sensores, el sistema de acondicionamiento, el sistema de adquisición de datos y el lenguaje de programación a utilizarse; se procedió al diseño del conjunto. Como primer punto, se diseñaron las piezas necesarias para el montaje de los sensores.

4.1.1. MÁQUINA ZWICK 1141

En la máquina Zwick 1141 se instalaron la celda de carga que es la encargada de sensar la fuerza aplicada y un transductor de desplazamiento resistivo que permite determinar la distancia entre cabezales. Para el montaje de los dos sensores fue necesario el diseño de los accesorios mecánicos, teniendo en cuenta que se debía realizar las menores modificaciones posibles a la máquina.

4.1.1.1. Celda de carga

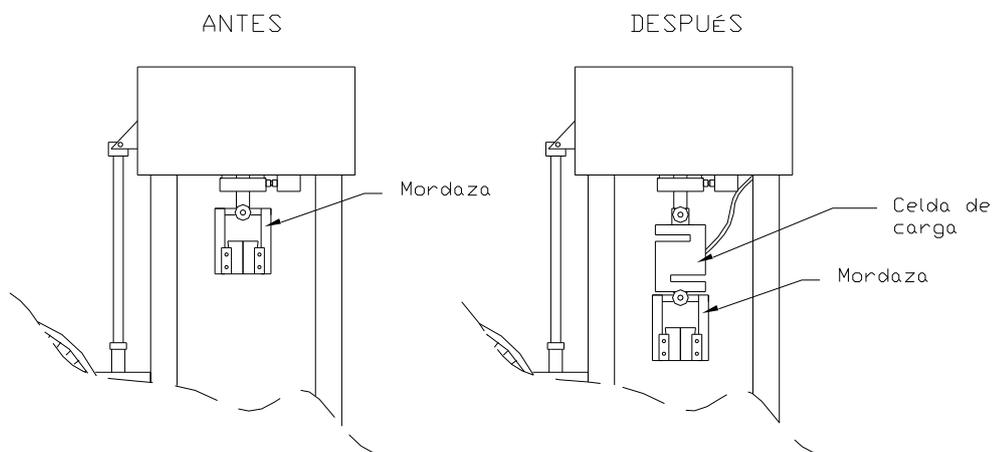


Figura 4-1. Esquema de la ubicación de la celda de carga

La celda de carga fue ubicada tal como se muestra en la figura anterior. Para el diseño de los acoples que permiten el montaje de la celda de carga, mostrados en los planos (ANEXO 11), fue necesario considerar los esfuerzos a los cuales están sometidas estas piezas a la máxima carga que soporta la máquina para compararlos con el esfuerzo a la cedencia del material utilizado, comprobando que este no se deforme:

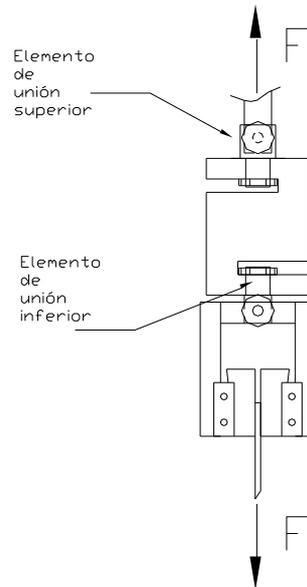


Figura 4-2 Diagrama de cuerpo libre de los elementos de unión y la celda de carga.

a) Elemento de unión superior:

Esfuerzo por tracción:

$$\text{Área}_{\text{tracción}} [\text{mm}^2] = \pi \cdot \frac{26^2}{4} - \pi \cdot \frac{20^2}{4} - 8 \cdot 3 - 8 \cdot 3 \quad \text{Ecuación 4-1}$$

$$\text{Área}_{\text{tracción}} [\text{mm}^2] = 168.77$$

$$\sigma_{\text{tracción}} [\text{MPa}] = \frac{\text{Fuerza}_{\text{tracción}} [\text{N}]}{\text{Área}_{\text{tracción}} [\text{mm}^2]}$$

$$\sigma_{\text{tracción}} [\text{MPa}] = \frac{10000 [\text{N}]}{168.77 [\text{mm}^2]} \quad \text{Ecuación 4-2}$$

$$\sigma_{\text{tracción}} [\text{MPa}] = 59.25$$

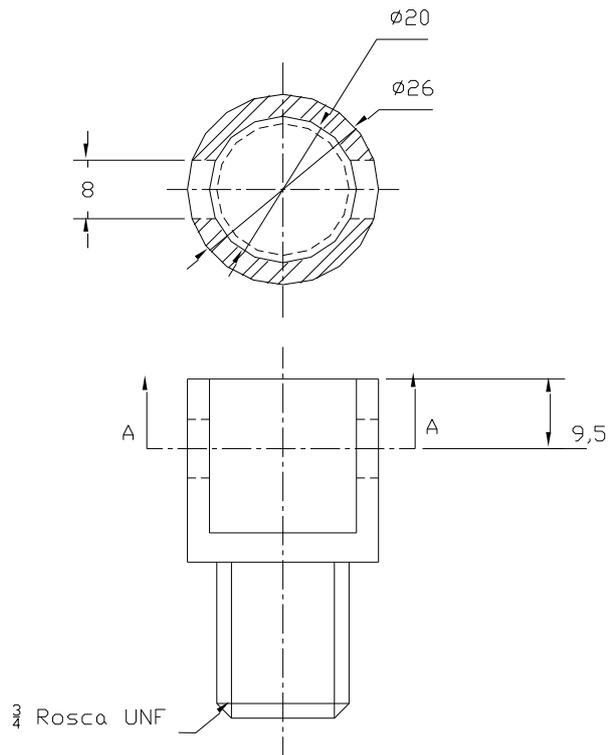


Figura 4-3 Esquema del elemento de unión superior

Esfuerzo por aplastamiento:

$$\text{Área}_{\text{aplastamiento}}[\text{mm}^2] = 8 \cdot 3 + 8 \cdot 3$$

$$\text{Área}_{\text{aplastamiento}}[\text{mm}^2] = 48$$

Ecuación 4-3

$$\sigma_{\text{aplastamiento}}[\text{MPa}] = \frac{\text{Fuerza}_{\text{tracción}}[\text{N}] / 2}{\text{Área}_{\text{aplastamiento}}[\text{mm}^2]}$$

$$\sigma_{\text{aplastamiento}}[\text{MPa}] = \frac{5000[\text{N}]}{48[\text{mm}^2]}$$

Ecuación 4-4

$$\sigma_{\text{aplastamiento}}[\text{MPa}] = 104.17$$

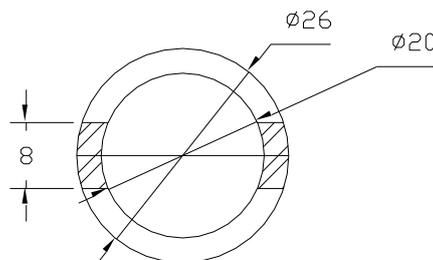


Figura 4-4 Esquema del área sometida a esfuerzo de aplastamiento

Esfuerzo por tracción en la rosca:

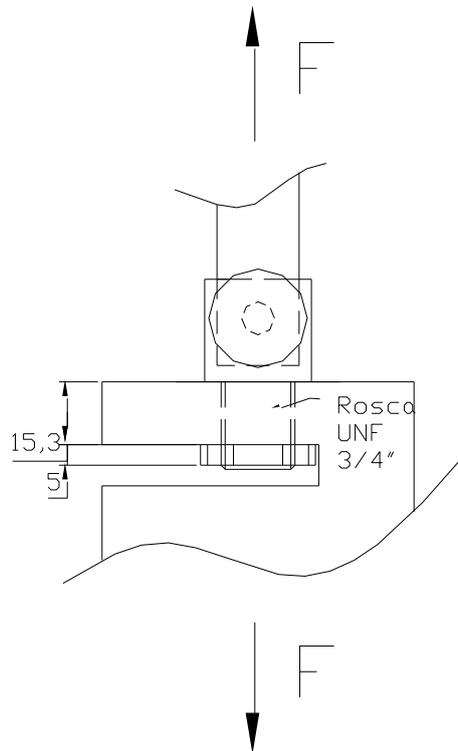


Figura 4-5 Diagrama de cuerpo libre de la rosca del elemento de unión superior.

Longitud de toda la rosca (del plano): $Lt_1 = 22mm$

Longitud de la rosca sometida a esfuerzo (del plano): $Lt_2 = 20.3mm$

Área de esfuerzo a la tensión (Rosca $\frac{3}{4}$ " UNF): $A_e = 0.373 \text{ pulg}^2$

Rigidez del sujetador:

$$\frac{1}{K_t} = \frac{Lt_1[mm]}{A[mm^2] \cdot E[MPa]} + \frac{Lt_2[mm]}{A_e[mm^2] \cdot E[MPa]}$$

$$\frac{1}{K_t} = \frac{22[mm]}{\left(\frac{\pi \cdot 19.05^2}{4}\right)[mm^2] \cdot 210000 \left[\frac{N}{mm^2}\right]} + \frac{20.3[mm]}{240.64[mm^2] \cdot 210000 \left[\frac{N}{mm^2}\right]}$$

$$K_t = 1300886.51 \frac{N}{mm}$$

Ecuación 4-5

Rigidez del elemento:

$$K_m = E[MPa] \cdot d[mm] \cdot A \cdot \exp\left(B \cdot \frac{d[mm]}{l[mm]}\right) \quad \text{Ecuación 4-6}$$

Donde para el acero: $A = 0.78715$

$$B = 0.62873$$

$$K_m = 210000 \left[\frac{N}{mm^2} \right] \cdot 19.05[mm] \cdot 0.78715 \cdot \exp\left(0.62873 \cdot \frac{19.05[mm]}{22[mm]}\right)$$
$$K_m = 5417648.18 \frac{N}{mm}$$

Fracción de la carga externa soportada por el perno:

$$C = \frac{K_t}{K_t + K_m}$$
$$C = \frac{1300886.51}{1300886.51 + 5417648.18} \quad \text{Ecuación 4-7}$$
$$C = 0.1933$$

Fuerza aplicada en los hilos del perno:

$$F_{Tt} = C \cdot Fe$$
$$F_{Tt} = 0.1933 \cdot 10000[N] \quad \text{Ecuación 4-8}$$
$$F_{Tt} = 1933.38[N]$$

Esfuerzo producido por la fuerza aplicada:

$$\sigma = \frac{1933.38[N]}{240.64[mm^2]} \quad \text{Ecuación 4-9}$$
$$\sigma = 8.03[MPa]$$

El material usado para realizar el elemento fue el acero bonificado para maquinaria 705 (Anexo 15), el cual tiene una resistencia a la cedencia de 685 MPa. Se pudo comprobar que la resistencia a la cedencia del material es muy superior a los esfuerzos a los cuales esta sometido el elemento con un factor de seguridad de 6.58.

b) Elemento de unión inferior:

Esfuerzo por tracción:

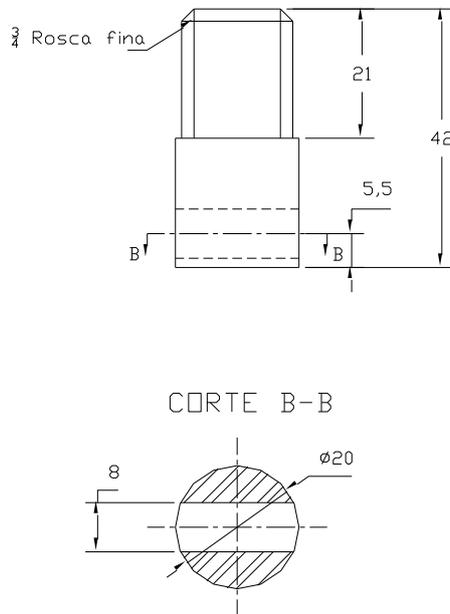


Figura 4-6 Esquema del elemento de unión inferior.

$$\text{Área}_{\text{tracción}} [\text{mm}^2] = \pi \cdot \frac{20^2}{4} - 8 \cdot 20 \quad \text{Ecuación 4-10}$$

$$\text{Área}_{\text{tracción}} [\text{mm}^2] = 154.16$$

$$\sigma_{\text{tracción}} [\text{MPa}] = \frac{\text{Fuerza}_{\text{tracción}} [\text{N}]}{\text{Área}_{\text{tracción}} [\text{mm}^2]} \quad \text{Ecuación 4-11}$$

$$\sigma_{\text{tracción}} [\text{MPa}] = \frac{10000 [\text{N}]}{154.16 [\text{mm}^2]}$$

$$\sigma_{\text{tracción}} [\text{MPa}] = 64.86$$

Esfuerzo por aplastamiento:

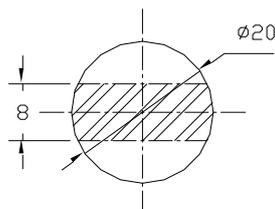


Figura 4-7 Esquema del área sometida a esfuerzo de aplastamiento.

$$\text{Área}_{\text{aplastamiento}}[\text{mm}^2] = 8 \cdot 20$$

$$\text{Área}_{\text{aplastamiento}}[\text{mm}^2] = 160$$

Ecuación 4-12

$$\sigma_{\text{aplastamiento}}[\text{MPa}] = \frac{\text{Fuerza}_{\text{tracción}}[\text{N}]}{\text{Área}_{\text{aplastamiento}}[\text{mm}^2]}$$

$$\sigma_{\text{aplastamiento}}[\text{MPa}] = \frac{10000[\text{N}]}{160[\text{mm}^2]}$$

Ecuación 4-13

$$\sigma_{\text{aplastamiento}}[\text{MPa}] = 62.5$$

Esfuerzo por tracción en la rosca:

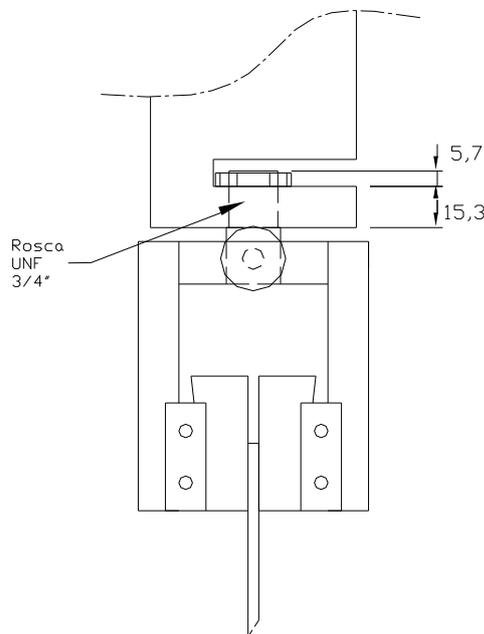


Figura 4-8 Diagrama de cuerpo libre de la rosca del elemento de unión inferior.

Longitud de toda la rosca (del plano):

$$L_{t_1} = 22\text{mm}$$

Longitud de la rosca sometida a esfuerzo (del plano): $L_{t_2} = 20.3\text{mm}$

Área de esfuerzo a la tensión (Rosca $\frac{3}{4}$ " UNF):

$$A_e = 0.373\text{pu l}g^2$$

Rigidez del sujetador

$$\frac{1}{K_t} = \frac{Lt_1[mm]}{A[mm^2] \cdot E[MPa]} + \frac{Lt_2[mm]}{A_e[mm^2] \cdot E[MPa]}$$

$$\frac{1}{K_t} = \frac{22[mm]}{\left(\frac{\pi \cdot 19.05^2}{4}\right)[mm^2] \cdot 210000 \left[\frac{N}{mm^2}\right]} + \frac{20.3[mm]}{240.64[mm^2] \cdot 210000 \left[\frac{N}{mm^2}\right]}$$

$$K_t = 1300886.51 \frac{N}{mm}$$

Ecuación 4-14

Rigidez del elemento

$$K_m = E[MPa] \cdot d[mm] \cdot A \cdot \exp\left(B \cdot \frac{d[mm]}{l[mm]}\right) \quad \text{Ecuación 4-15}$$

Donde para el acero: $A = 0.78715$

$$B = 0.62873$$

$$K_m = 210000 \left[\frac{N}{mm^2}\right] \cdot 19.05[mm] \cdot 0.78715 \cdot \exp\left(0.62873 \cdot \frac{19.05[mm]}{22[mm]}\right)$$

$$K_m = 5417648.18 \frac{N}{mm}$$

Fracción de la carga externa soportada por el perno

$$C = \frac{K_t}{K_t + K_m}$$

$$C = \frac{1300886.51}{1300886.51 + 5417648.18}$$

$$C = 0.1933$$

Ecuación 4-16

Fuerza aplicada en los hilos del perno

$$F_{Ti} = C \cdot Fe$$

$$F_{Ti} = 0.1933 \cdot 10000 [N]$$

Ecuación 4-17

$$F_{Ti} = 1933.38 [N]$$

Esfuerzo producido por la fuerza aplicada

$$\sigma = \frac{1933.38 [N]}{240.64 [mm^2]}$$

Ecuación 4-18

$$\sigma = 8.03 [MPa]$$

El material usado para realizar el elemento fue el mismo acero bonificado para maquinaria 705 (Anexo 15), el cual tiene una resistencia a la cedencia de 685 MPa. Se pudo comprobar que la resistencia a la cedencia del material es muy superior a los esfuerzos a los cuales esta sometido el elemento con un factor de seguridad de 10.56.

c) Pasador:

Para sostener uno de los elementos tocó diseñar un pasador similar a los que ya contaba la máquina para sostener las mordazas.

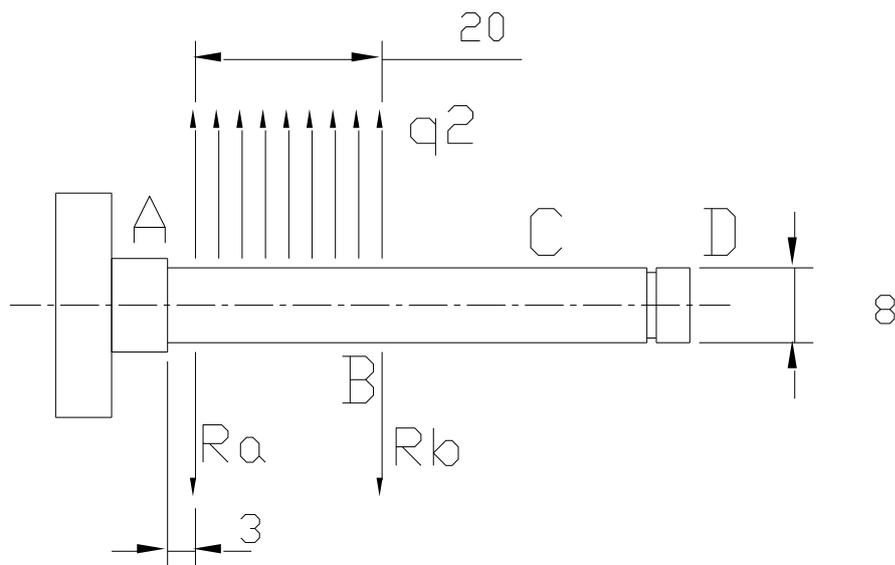


Figura 4-9 Diagrama de cuerpo libre del pasador.

Cargas distribuidas

$$q[N/mm] = \frac{F[N]}{d[mm]} \quad \text{Ecuación 4-19}$$

$$Ra[N] = \frac{10000}{2} \qquad Ra[N] = 5000$$

$$F[N] = 10000 \qquad q[N/mm] = \frac{10000[N]}{20[mm]} = 500$$

$$Rb[N] = \frac{10000}{2} \qquad Rb[N] = 5000$$

Área del pasador

$$A = \frac{\pi \cdot d^2 [mm^2]}{4}$$

$$A = \frac{\pi \cdot 8^2 [mm^2]}{4} \qquad \text{Ecuación 4-20}$$

$$A = 50.27 [mm^2]$$

Esfuerzo cortante y flector en el pasador:

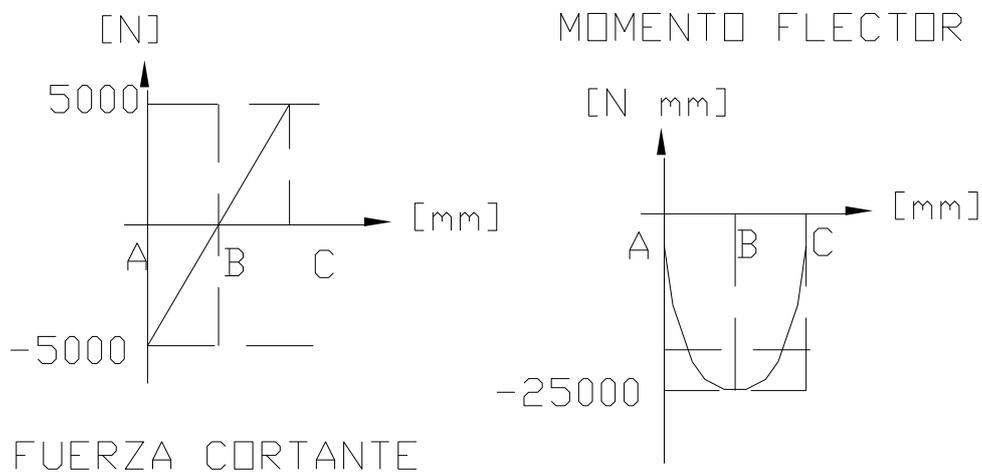


Figura 4-10 Diagramas de fuerza cortante y momento flector en el pasador

Esfuerzo cortante en el pasador

$$\tau = \frac{F_2 / 2 [N]}{A [mm^2]}$$
$$\tau = \frac{10000 / 2}{50.27} \quad \text{Ecuación 4-21}$$
$$\tau = 99.47 [MPa]$$

Esfuerzo flector en el pasador

$$M_B [N \cdot mm] = q \left[\frac{N}{mm} \right] \cdot x [mm] \cdot \frac{x}{2} [mm]$$

$$x = 10$$

$$M_B [N \cdot mm] = 500 \left[\frac{N}{mm} \right] \cdot 10 [mm] \cdot \frac{10}{2} [mm] \quad \text{Ecuación 4-22}$$

$$M_B [N \cdot mm] = -25000$$

$$\sigma_{\text{flector}} [MPa] = \frac{M [N \cdot mm] \cdot y [mm]}{I [mm^4]} \quad \text{Ecuación 4-23}$$

$$I [mm^4] = \frac{\pi \cdot (d [mm])^4}{64} \quad \text{Ecuación 4-24}$$

$$I [mm^4] = \frac{\pi \cdot (8 [mm])^4}{64} = 201.06$$

$$\sigma_{\text{flector}} [MPa] = \frac{25000 [N \cdot mm] \cdot 4 [mm]}{201.06 [mm^4]} = 497.36$$

$$M = EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = q \cdot x \cdot \frac{x}{2} \quad \text{Ecuación 4-25}$$

$$EI \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 500 \cdot \left(\frac{x^2}{2} \right)$$

$$EI \frac{\partial y}{\partial x} = 500 \cdot \frac{x^3}{6} + C_1$$

$$EIy = 500 \cdot \frac{x^4}{24} + C_1 \cdot x + C_2$$

$$\text{si } x = 0 \quad EIy = 500 \cdot \frac{x^4}{24} + C_1 \cdot x + C_2 = 0$$

$$C_2 = 0$$

$$\text{si } x = 10 \quad EI \frac{\partial y}{\partial x} = 500 \cdot \frac{10^3}{6} + C_1 = 0$$

$$C_1 = -83333.33$$

$$EIy = 500 \cdot \frac{10^4}{24} - 83333.33 \cdot 10$$

$$EIy = 291666.66$$

$$E[MPa] = 80000$$

$$y[mm] = 0.018$$

El material usado para realizar el pasador fue el acero bonificado para maquinaria 705 (Anexo 15), que es el más resistente que se encuentra en el mercado, con una resistencia a la cedencia de 685 MPa a la tracción y 397 MPa a cortante. Se pudo comprobar que la resistencia a la cedencia por cortante del material es muy superior al esfuerzo cortante al que está sometido el pasador con un factor de seguridad de 4; mientras que el mayor esfuerzo se da por el momento flector y se tiene un factor de seguridad de 1.38 y una deflexión máxima de 0.018 mm.

4.1.1.2. Transductor de desplazamiento

En el diseño de los accesorios mecánicos para el montaje del transductor de desplazamiento no se tomó en cuenta ningún esfuerzo, porque no se aplica ninguna fuerza considerable al accesorio. El único limitante que se tenía es el evitar hacer modificaciones a la máquina, es por ello que se consideró el siguiente diseño.

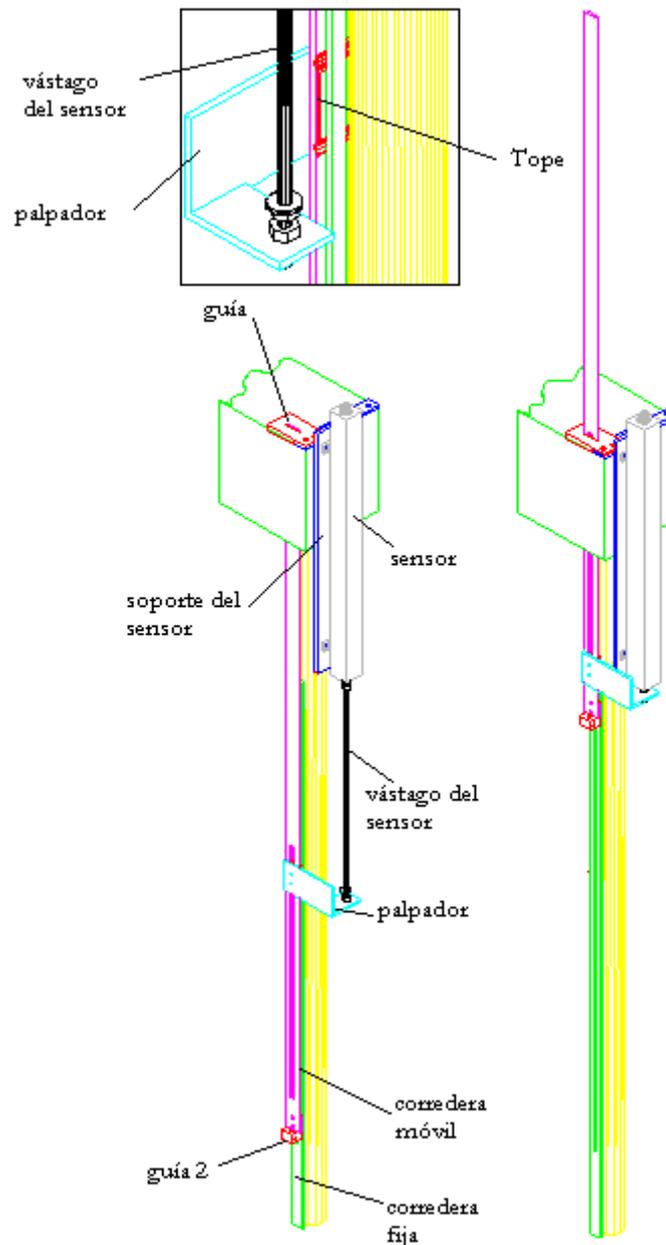


Figura 4-11 Esquema de los accesorios para el transductor de desplazamiento.

Al mover el cabezal móvil este arrastra la guía 2 a través de la corredera fija, ambos dispositivos propios de la máquina. La guía 2 está sujeta a la guía móvil y esta su vez al palpador, lo que hace que este arrastre el vástago del sensor. El palpador tiene la ventaja de poder fijarse en cualquier punto de la corredera móvil ampliando el alcance del sensor.

Si no se desea que el transductor de desplazamiento trabaje simplemente se afloja la tuerca del vástago y se lo desacopla del palpador.

Los planos de los elementos están en el ANEXO 12.

4.1.2. MÁQUINA SCHENCK TREBEL UPM 120 KN

4.1.2.1. Transductor de presión

A causa de la fuerza contraria al desplazamiento del pistón, producida por la resistencia a la tracción o a la compresión de un material y al peso propio del cabezal móvil, va a existir dentro del pistón una variación en la presión de aceite proporcional a esta fuerza. Tomando en cuenta que la presión es la misma en todos los puntos, se colocó el transductor de presión entre la tubería de aceite que transmite la presión al sistema de medición original de la máquina, lo más cercano posible al pistón para evitar pérdidas de presión y por facilidad de montaje.

El transductor de presión fue ubicada tal como se muestra en la siguiente figura. Para el diseño de los acoples que permiten el montaje del transductor de presión, mostrados en el ANEXO 13, fue necesario considerar el esfuerzos producido por la presión interna a la cual están sometidas estas piezas a la máxima carga que soporta la máquina (240 bar o 240 MPa).

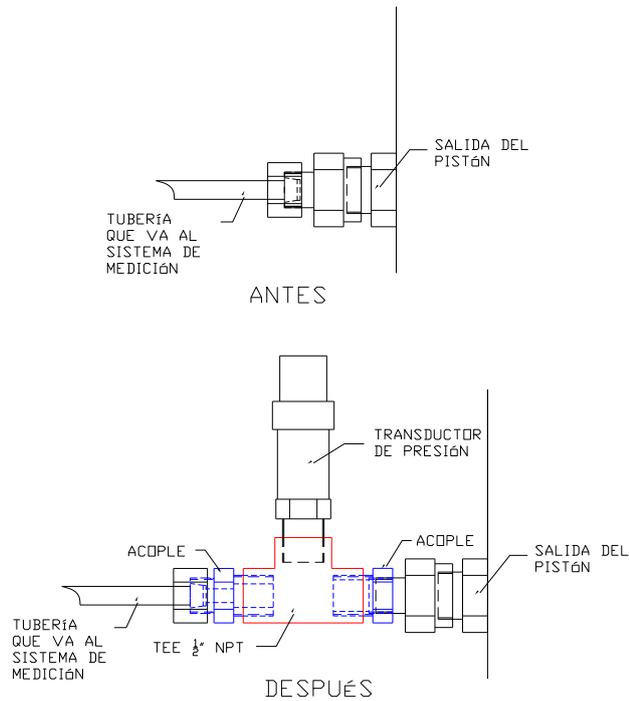


Figura 4-12 Esquema de la ubicación del transductor de presión.

Para el diseño se consideró el espesor menor de los accesorios, suponiendo que si en este sitio no falla al ser la presión la misma, el accesorio en sí no fallará en ningún sitio. Debido a que el funcionamiento de la máquina es parecido al de una prensa hidráulica siguiendo las recomendaciones dadas por el libro de Mecánica de Materiales de William Riley, se consideró a la tubería y accesorios como cilindros de paredes gruesas y el esfuerzo mayor se da en la pared interna.

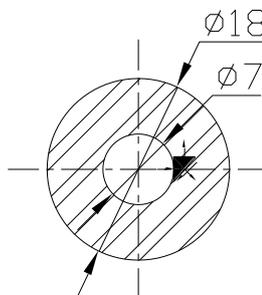


Figura 4-13 Área transversal de la sección con menor espesor.

Esfuerzo radial:

$$\sigma_r = -240[\text{MPa}]$$

Esfuerzo tangencial:

$$\sigma_t = \frac{a^2 \cdot p_i}{b^2 - a^2} \cdot \left(1 + \frac{b^2}{\rho^2}\right) \quad \text{Ecuación 4-26}$$

Donde:

Diámetro interno: $a = 7 \text{ mm}$

Diámetro externo: $b = 18 \text{ mm}$.

Presión interna: $p_i = 240 \text{ MPa}$.

Espesor: $\rho = 5.5 \text{ mm}$.

$$\sigma_t = \frac{(7[\text{mm}])^2 \cdot 240[\text{MPa}]}{(18[\text{mm}])^2 - (7[\text{mm}])^2} \cdot \left(1 + \frac{(18[\text{mm}])^2}{(5.5[\text{mm}])^2}\right) = 500.79[\text{MPa}]$$

Combinación de esfuerzos

$$\tau_{\max} [\text{MPa}] = \frac{\sigma_t - \sigma_r}{2} = \frac{500.79[\text{MPa}] - (-240[\text{MPa}])}{2} = 370.40[\text{MPa}]$$

Ecuación 4-27

El material usado para realizar el elemento fue el acero bonificado para maquinaria 705 (Anexo 15), el cual tiene una resistencia a la cedencia de 685 MPa a la tracción y 397 MPa a cortante. Se pudo comprobar que la resistencia a la cedencia por cortante del material es superior al esfuerzo cortante al que está sometido el acople con un factor de seguridad de 1.1; mientras que el factor de seguridad que se da por el momento flector es de 1.2. A pesar de que los factores de seguridad no son muy altos, se tiene la certeza de que el elemento no va a fallar debido a que se está realizando los cálculos como si la máquina trabajara sometiendo a una probeta a una fuerza de tracción de 120 KN y en instrumentos de medición no se trabaja en los límites de la escala.

4.1.2.2. Transductor de desplazamiento

En el diseño de los accesorios mecánicos para el montaje del transductor de desplazamiento no se tomó en cuenta ningún esfuerzo, porque no se aplica ninguna fuerza considerable al accesorio. El único limitante que se tenía es el evitar hacer modificaciones a la máquina, es por ello que se consideró el siguiente diseño.

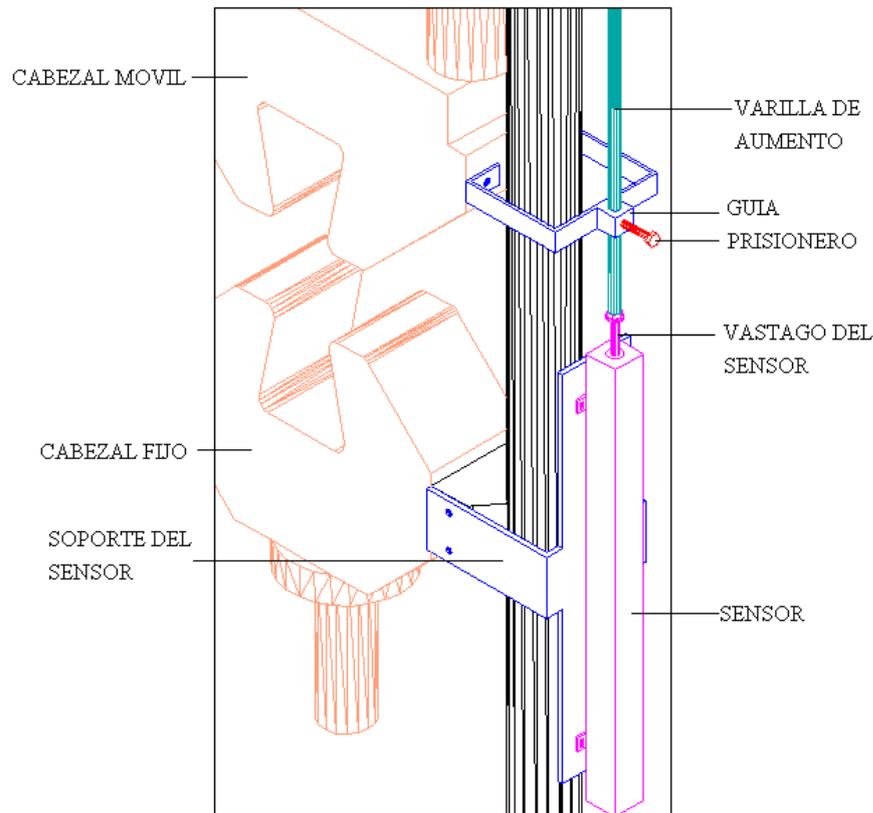


Figura 4-14 Esquema de los accesorios para el sensor de desplazamiento

Al mover el cabezal móvil, si el prisionero se encuentra ajustado, obliga a la varilla de aumento a subir y esta a su vez al vástago del sensor. Por el contrario si el prisionero se encuentra flojo, la guía subirá libremente sin hacer contacto con la varilla. La varilla de aumento tiene por objeto aumentar el alcance físico del sensor.

Los planos de los elementos están en el ANEXO 14.

4.2. SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO

4.2.1. BACKPLANE

Este elemento está destinado para el montaje de los módulos de acondicionamiento. En esta placa se ubican las conexiones que alimentan estos módulos, las conexiones que reciben las señales de los sensores y es el encargado de distribuir estas señales a las diferentes entradas de la tarjeta de adquisición de datos. Este backplane tiene una entrada de voltaje de 5V DC, la cual es suministrada por una fuente externa que transforma los 120V AC suministrados por los tomacorrientes a los 5V DC necesarios. La conexión de la fuente a los tomacorrientes se realiza por medio de 2 metros de cable SUCRE (3 x 18) y un enchufe blindado.

La fuente tiene el siguiente esquema de conexión:

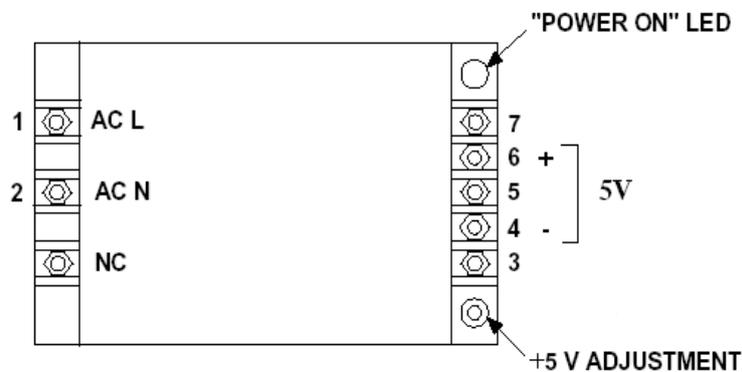


Figura 4-15 Esquema de conexiones en la fuente para el backplane.

Los 5VDC que salen de la fuente por medio de alambre cableado # 20, y se conectan al backplane por medio de los dos pines que se muestran en la gráfica.

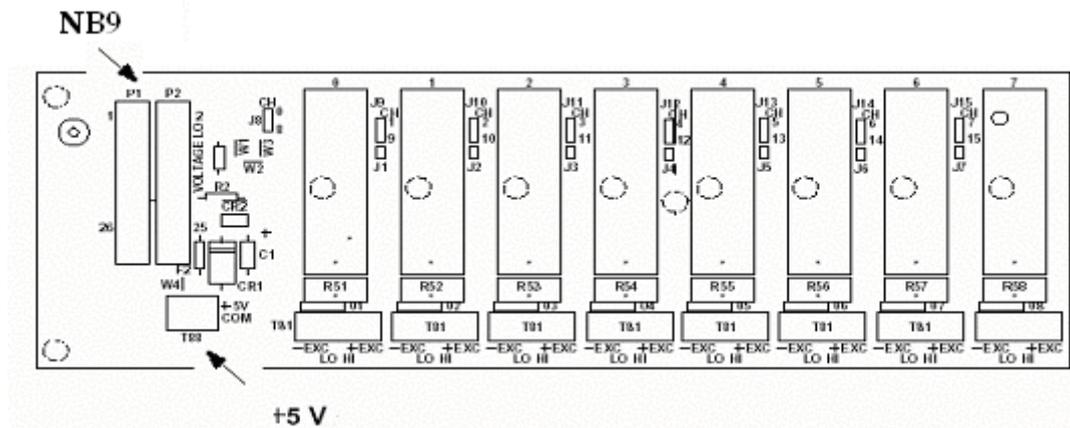


Figura 4-16 Esquema de conexiones de la alimentación en el backplane.

El cable NB9 que sirve de enlace entre el sistema de acondicionamiento y la tarjeta de adquisición se conecta ya sea en el P1 o en el P2 indiferentemente.

4.2.2. CELDA DE CARGA

Como se indica en el capítulo 3, para acondicionar la señal de la celda de carga se necesita un modulo 5B38, el cual tiene una entrada de puente completo y sensibilidad de 2mV/V. En este tipo de sistemas de acondicionamiento, lo importante es el diseño de las conexiones necesarias para su correcto funcionamiento.

La celda de carga tiene cuatro cables de conexión, estos son:

- Rojo: Excitación positiva (+Exc)
- Verde: Señal positiva (+Signal)
- Blanco: Señal negativa (-Signal)
- Negro: Excitación negativa (-Exc)
- Transparente: Tierra

Los cables rojo y negro son los destinados a la alimentación del puente completo, que para esta celda es de 10VDC nominales. Cuando el puente esta alimentado, cualquier carga montada en la celda va a ser medida a través de los cables verde y blanco que son de señal. El modulo 5B38 tiene el siguiente esquema de conexión:

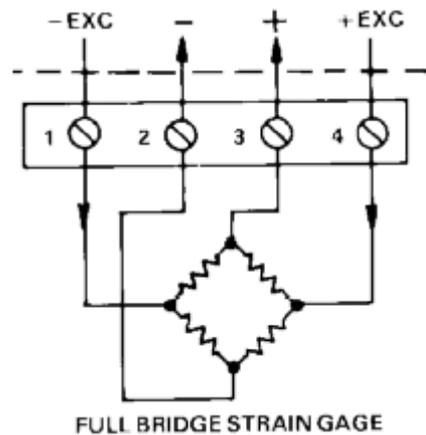


Figura 4-17 Esquema de conexión en el módulo 5B38.

Este módulo tiene la ventaja, que alimenta a la celda de carga con 10 V de excitación, siendo este voltaje, el voltaje nominal requerido por la celda de carga.

4.2.3. TRANSDUCTOR DE PRESIÓN

El transductor de presión utilizado, es un dispositivo que tiene de salida de 4 a 20 mA, por tanto el módulo necesario es el 5B32. Este sensor para que tenga la salida especificada tiene la siguiente conexión realizada por medio de cable apantallado # 20:

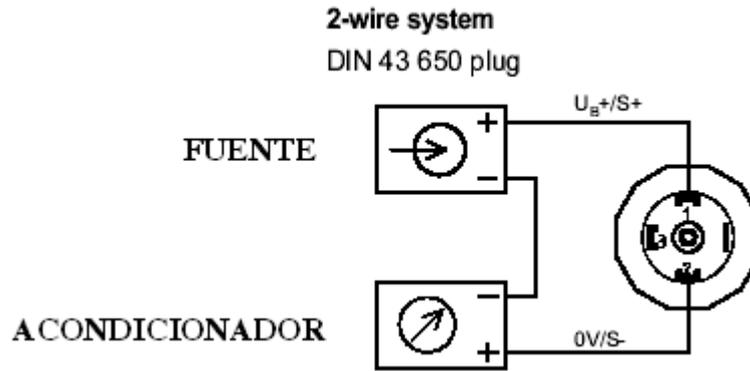


Figura 4-18 Esquema de conexión del transductor de presión.

El módulo de acondicionamiento 5B32 tiene el siguiente esquema de conexión:

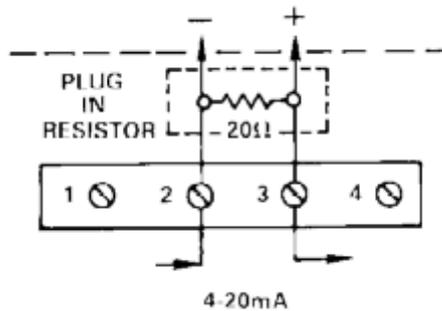


Figura 4-19 Esquema de conexión en el módulo 5B32.

Como se ve en la figura, el sistema de acondicionamiento no sirve como fuente de alimentación para el sensor, solo recibe la señal que envía de 4-20 mA. Por tanto fue necesario para alimentar al sensor colocar una fuente externa al sistema que tenga una salida voltaje menor al voltaje máximo que es permitido en el sensor (30 VDC). Es por ello que se seleccionó una fuente que tiene dos salidas de 13 y 30 VDC, de las cuales se seleccionó 13 VDC por certeza para trabajar dentro de un rango seguro de funcionamiento del sensor.

4.2.4. TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO.

Los transductores de desplazamiento utilizados son del tipo resistivo y tienen una salida de 0 a 5000 Ω , por lo tanto el acondicionador utilizado es el 5B36 de la National Instruments que tiene una entrada para potenciómetros que van de 0 a 10000 Ω . El esquema de conexión de salida del sensor de desplazamiento es el siguiente, tomando en cuenta que la alimentación de voltaje debe ser de hasta 30V. con una corriente máxima de 100 mA.

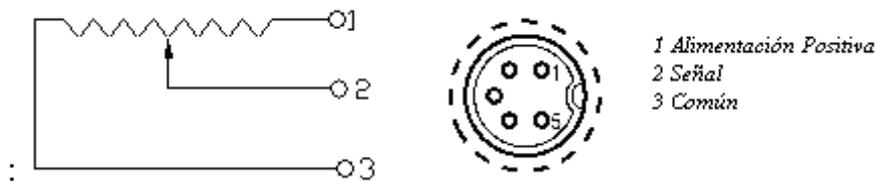


Figura 4-20 Esquema de conexión en el conector de los sensores de desplazamiento.

Los dos acondicionadores de señal utilizados para los sensores, son de iguales características, y su forma de conexión es la siguiente:

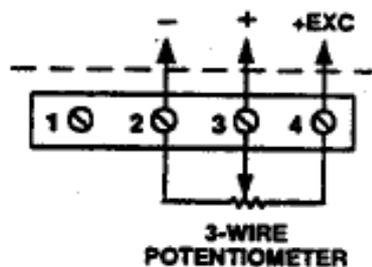


Figura 4-21 Esquema de conexión del transductor de posición en el módulo.

Como se ve en la figura este módulo tiene un terminal de excitación positiva (exc. +) , el cual da la alimentación requerida al sensor, en este caso 5 VDC. La conexión entre el sensor y el acondicionador se realizó con cable apantallado # 20.

4.3. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

La parte principal de la adquisición de datos es la tarjeta 6024E de National Instruments, la cual tiene una resolución de 12 bits, una tasa de muestreo de 200 mil muestras por segundo, 16 entradas analógica y 8 digitales. Esta tarjeta tiene la ventaja que se conecta en la tarjeta madre de la computadora como otro dispositivo más, dejando el conector en la parte trasera. Este conector consta de 68 pines los cuales corresponden a los canales y las funciones de la tarjeta, es por ello que se debe observar cuidadosamente en que canal estoy conectando la señal que proviene de los acondicionadores para poder configurar esta señal dentro de la computadora y que esta me represente exactamente el comportamiento del sensor.

La transmisión de datos a la tarjeta se realiza por el cable NB9 mostrado en el capítulo anterior, el cual tiene en un extremo un conector de 68 pines el cual entra en la tarjeta y en el otro extremo un conector de 26 pines que entran al backplane.

En el acondicionador, cada módulo tiene su espacio y canal, y en el proyecto se colocó en el siguiente orden:

- Canal 0: Módulo para celda de carga.
- Canal 1: Módulo para sensor de desplazamiento.
- Canal 3: Módulo para sensor de presión.
- Canal 5: Módulo para sensor de desplazamiento.

Por medio del cable mencionado anteriormente, estos canales son reconocidos en la tarjeta de adquisición de datos en el mismo número de canal, posteriormente en la instalación se pudo comprobar por medio del software en la computadora que al canal 0 de la tarjeta estaba llegando la señal del canal 0 del acondicionador, y así igual con las otras señales.

4.4. PROGRAMA

El programa se lo diseñó de acuerdo a las necesidades del laboratorio de resistencia de materiales de la empresa y al modo de trabajo que se tiene en este.

4.4.1. MENÚ PRINCIPAL

El programa consta de una pantalla principal en donde se selecciona con cual de las dos máquinas se va a trabajar (“ZWICK” o “TREBEL”), tomando en cuenta que los ensayos que se realizan en ambas ventanas tienen como su principal objetivo el obtener la fuerza máxima quedando la deformación que sufre el material supeditada a segundo plano, por lo que no se la toma en cuenta. La otra opción de “GRÁFICO” permite para ambas máquinas trabajar con la variable fuerza conjuntamente con la de desplazamiento y obtener los gráficos fuerza deformación del material.

Esta pantalla es la que permite salir del programa presionando el botón “SALIR” o pulsando la tecla **ESC**.



Figura 4-22 Pantalla Principal.

La programación para esta pantalla es muy corta pues lo que hace es permitir la navegación entre las diferentes ventanas.

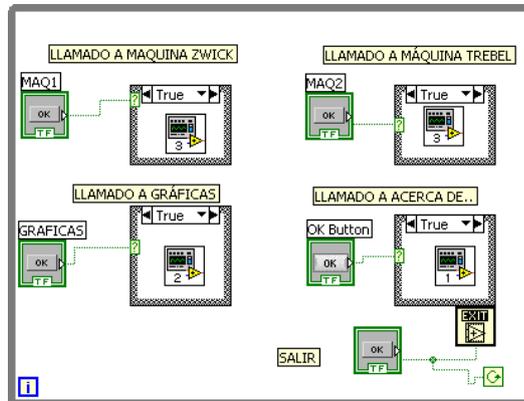


Figura 4-23 Programación pantalla principal.

4.4.2. PANTALLAS PARA ENSAYOS SIN DESPLAZAMIENTO.

Las pantallas de trabajo de las máquinas Zwick y Trebel sin desplazamiento, son muy similares y la programación es la misma por lo que se explicará solo lo correspondiente a la máquina Zwick.

En la pantalla de ensayos como primer punto se permite escoger el tipo de ensayo a realizarse, este puede ser alambre, alambre de púas, pletinas o resistencia de soldadura en mallas electrosoldadas.

Para salir de esta pantalla se presiona el botón “SALIR” o pulsando la tecla **ESC**.



Figura 4-24 Pantalla de ensayos de alambres sin desplazamiento

En la opción de alambres, se ingresa el diámetro con el cual se calcula el área y la resistencia máxima del material. Además, hay la opción de resistencia medida al 1%, que consiste en poner un extensómetro de carátula en la probeta y con ello verificar su deformación, a una deformación determinada se presiona el botón que dice “Rm(N%)” y queda registrada la carga a esa deformación.

El valor de la resistencia al N% y de la resistencia máxima se presenta en MPa y en Kg/mm².

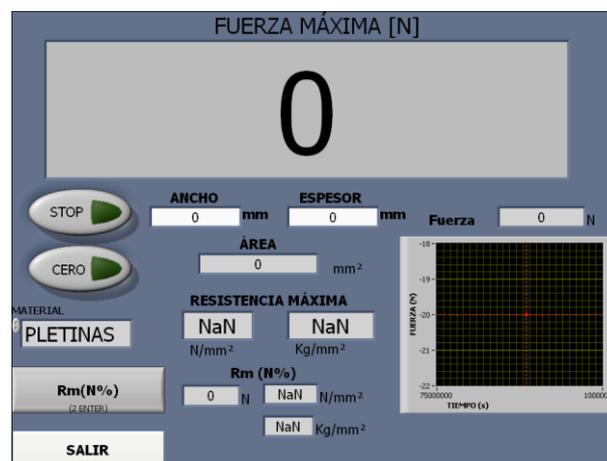


Figura 4-25 Pantalla de ensayos de pletinas sin desplazamiento

En el caso de pletinas, aparecen las celdas para ingresar el ancho y el espesor en lugar del diámetro, y se tiene las mismas opciones que en alambres.

Para alambre de púas cambia la opción de “*Rm (N%)*” por la de “*Desenrollado*” y aparece el recuadro donde se muestra la fuerza de desenrollado y su porcentaje con respecto a la fuerza máxima, el botón “carga de desenrollado” cumple la misma tarea que el botón de “*Rm (N%)*”, congela la fuerza al instante en que se pulsa el botón en un recuadro. Además desaparecen los cuadros de área y resistencia, pues en estos ensayos lo que se registra es la carga.

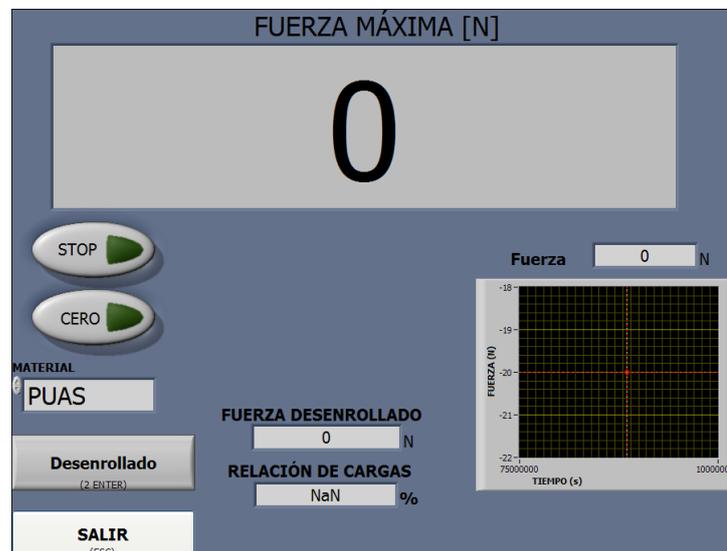


Figura 4-26 Pantalla de ensayos para alambre de púas.

En el caso de ensayos de soldaduras en mallas electrosoldadas lo único que se quiere conocer es la carga es por ello que todas las demás opciones se ocultan.



Figura 4-27 Pantalla de ensayos para mallas electrosoldadas.

Dentro de la programación lo que oculta los botones y cuadros de texto de acuerdo a la opción escogida, y calcula el área y la resistencia de acuerdo a la sección es:

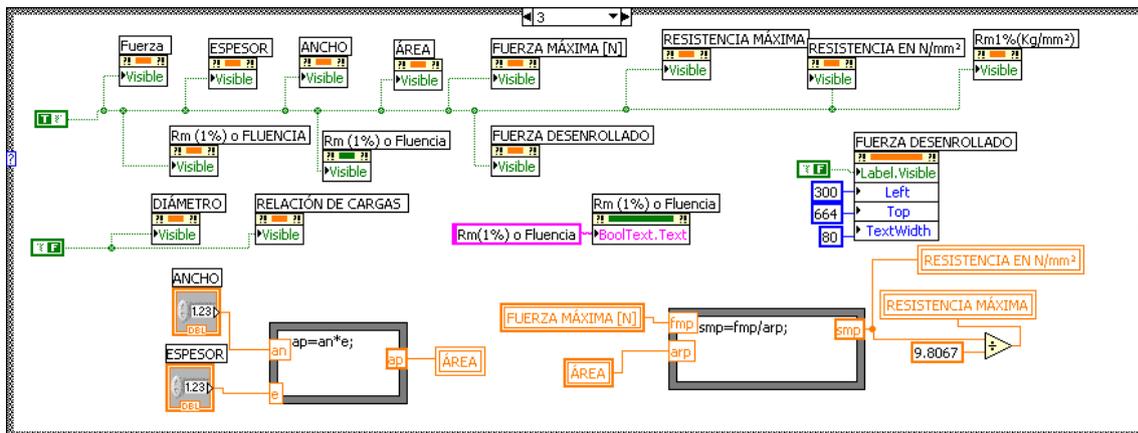


Figura 4-28 Programación que muestra u oculta botones de acuerdo al ensayo.

Cada opción esta dentro de un caso, gráfico anterior corresponde a “pletinas”, es por ello que el cálculo del área se lo realiza con el ancho y el espesor.

La sección principal del programa que adquiere los datos del sensor, setea la fuerza a la fluencia o al desenrollado, selecciona la fuerza máxima y grafica la curva es:

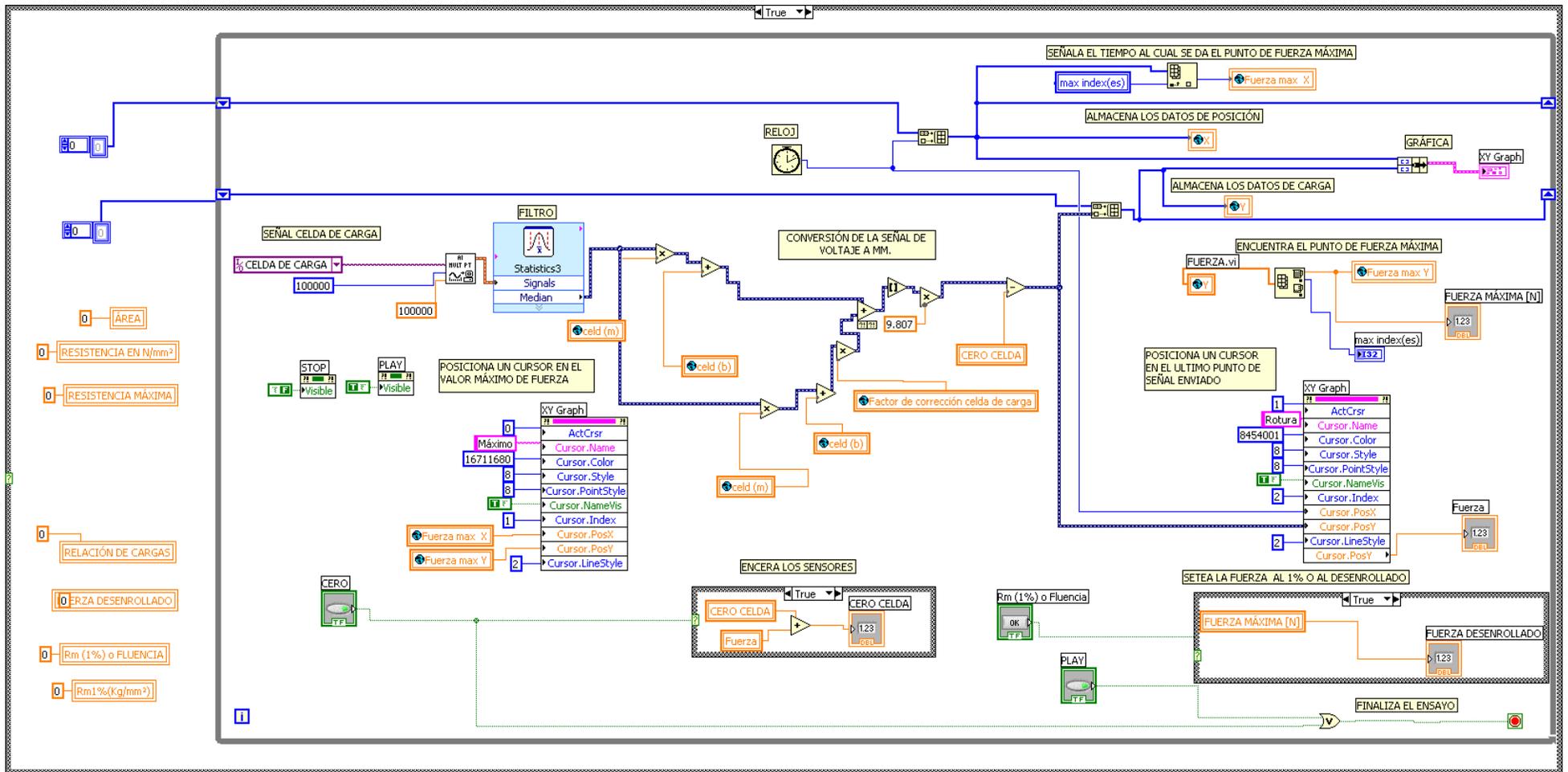


Figura 4-29 Programación de la adquisición de datos

4.4.3. PANTALLAS PARA ENSAYOS CON GRÁFICO FUERZA VS. DESPLAZAMIENTO.

En el caso que en el menú principal se seleccione la opción gráfico, esta opción permite obtener la gráfica fuerza vs. desplazamiento del cabezal, y de este se puede abstraer la fuerza máxima y la fuerza a la fluencia.

La primera ventana al seleccionar “GRÁFICO” permite seleccionar la máquina de ensayos a utilizarse para adquirir los correspondientes datos; además permite escoger el tipo de área transversal de la probeta, para ello existen dos opciones: área rectangular y área circular. De acuerdo al área escogida se deberá ingresar los datos correspondientes.

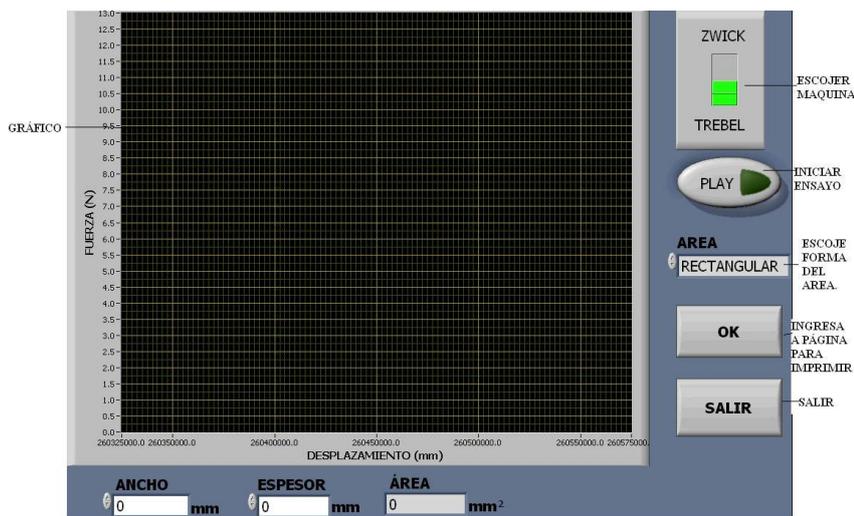


Figura 4-30 Ventana para obtener la curva fuerza – desplazamiento del cabezal.

La programación de esta ventana debió ser simplificada al máximo, esto se debió a que mientras se la hacía más compleja, la velocidad de adquisición de datos se veía afectada y salían los gráficos con muy pocas muestras.

La adquisición del voltaje enviado por cada sensor y su conversión al parámetro que se desea medir es muy similar para todos, lo único que varía es la ecuación utilizada para la calibración (curva de calibración). A continuación se ve la adquisición de datos (voltaje) de la celda de carga y el transductor de

desplazamiento de la máquina Zwick y la conversión de estos datos a fuerza en newtons y desplazamiento en milímetros respectivamente.

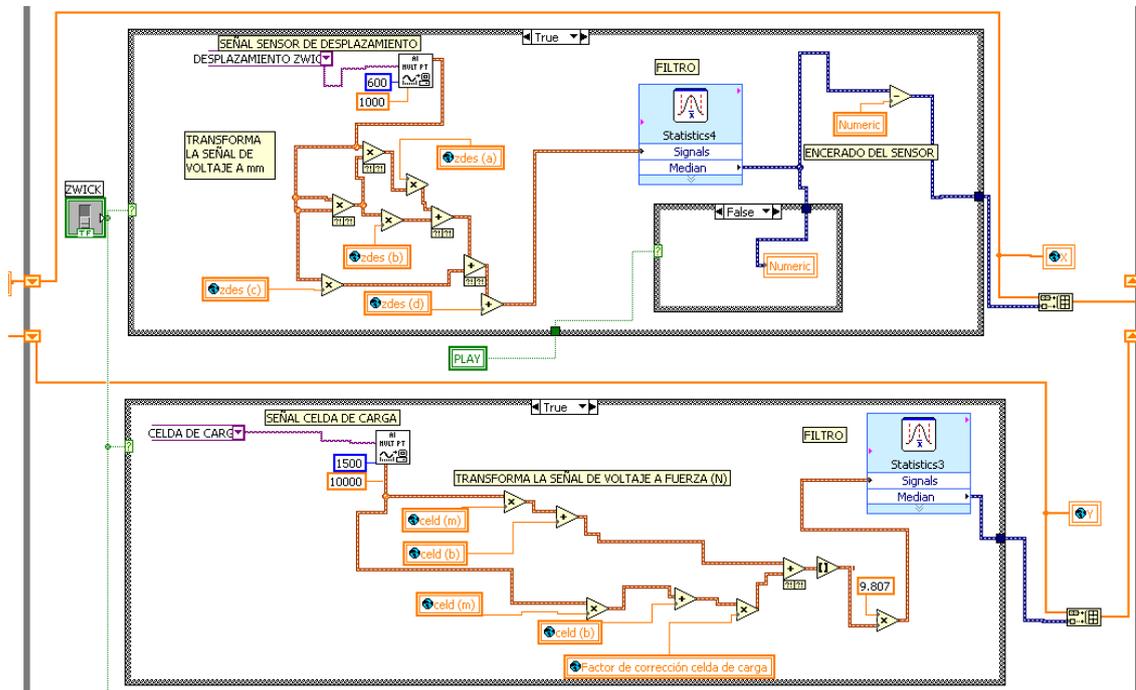


Figura 4-31 Programación de la adquisición de datos.

Los datos que se obtiene de cada sensor son almacenados en arreglos globales que pueden ser utilizados posteriormente en otra ventana. La señal del sensor de desplazamiento se encera automáticamente al iniciar el ensayo, con esto se logra que el ensayo comience en cero sin importar la posición física que tenga el cabezal móvil.

Para poder imprimir la gráfica de desplazamiento se ingresa a otra pantalla mediante el botón “OK”, en esta se permite modificar la escala del gráfico, obtener el valor de la fluencia mediante el concepto de la recta paralela a la curva fuerza – desplazamiento. En esta ventana se tiene la opción de guardar el gráfico en un documento de Word para posteriormente realizar un informe.

En la impresión y en el gráfico guardado se observa además datos generales de la probeta y del ensayo.

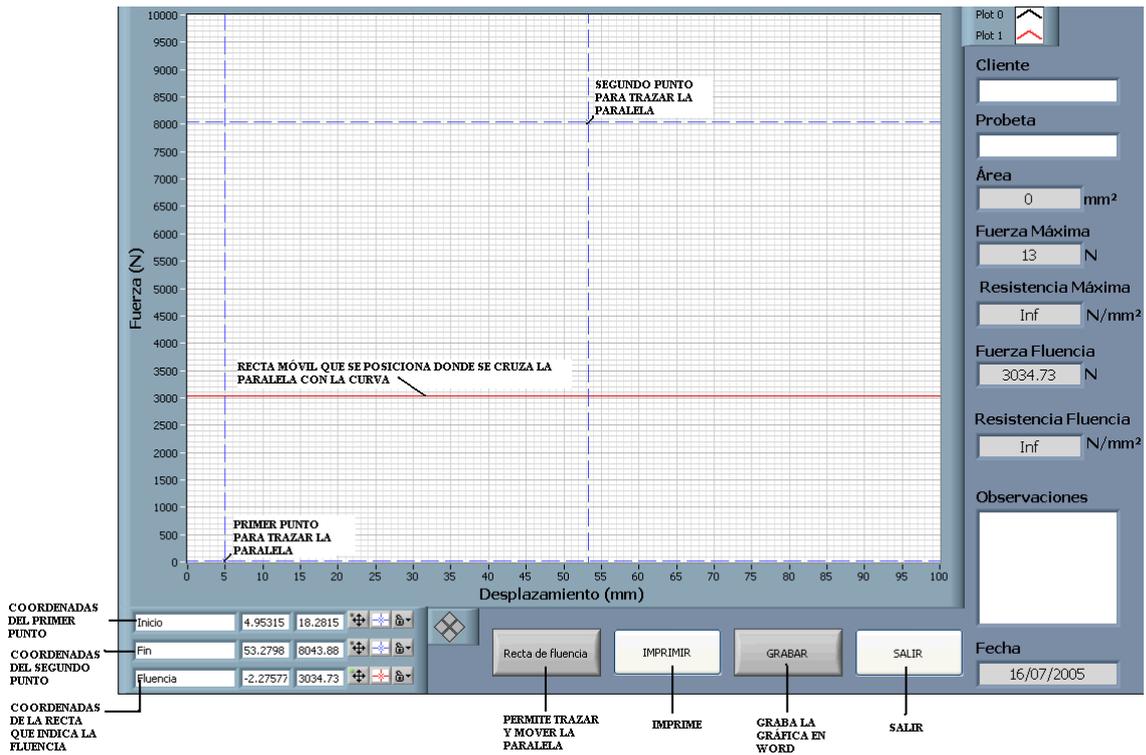


Figura 4-32 Pantalla de impresión del gráfico.

Al pulsar el botón de “Recta de Fluencia”, la recta paralela pasa a través de los dos puntos móviles señalados por las intersecciones de las líneas azules, pudiendo mover estos hasta ubicar la recta paralela a la curva fuerza - desplazamiento. En ese momento, se mueve la recta roja hasta la intersección de la paralela con la curva ubicando el punto de fluencia.

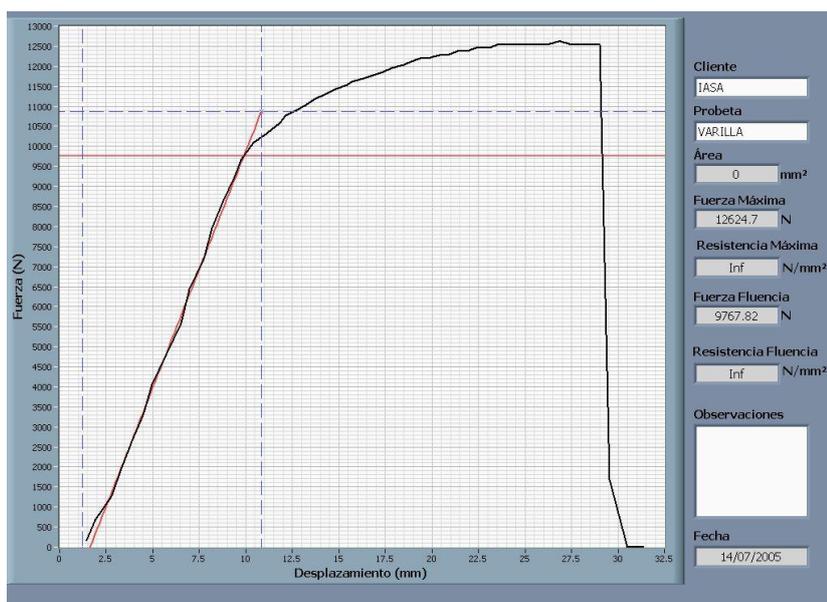


Figura 4-33 Ejemplo de impresión con fluencia incluida.

La programación para trazar la recta paralela es la siguiente:

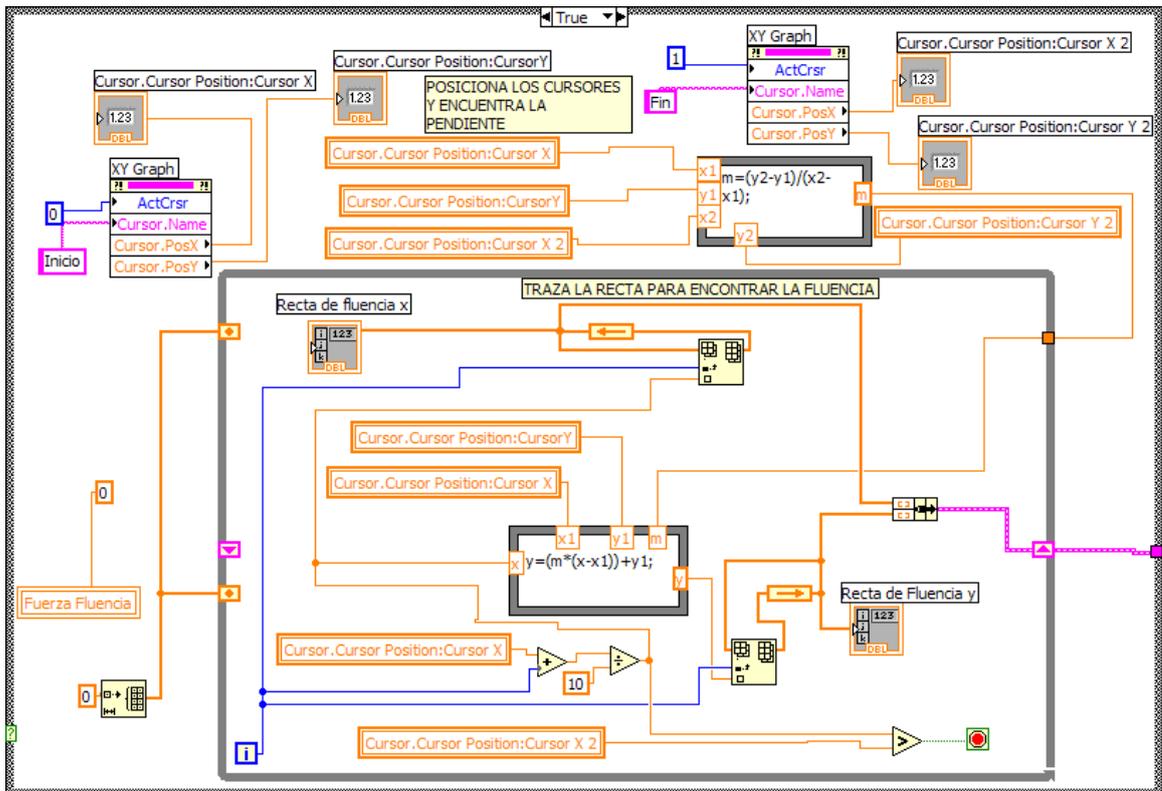


Figura 4-34 Programación para trazar la recta paralela.

Para imprimir se amplía el gráfico, escondiéndose los botones, para ello utilizamos la siguiente programación:

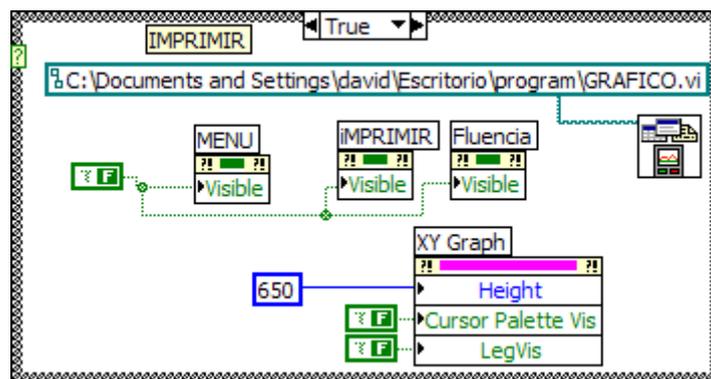


Figura 4-35 Programación para imprimir el gráfico.

De la misma forma para guardar el gráfico se esconden los botones ampliando el gráfico:

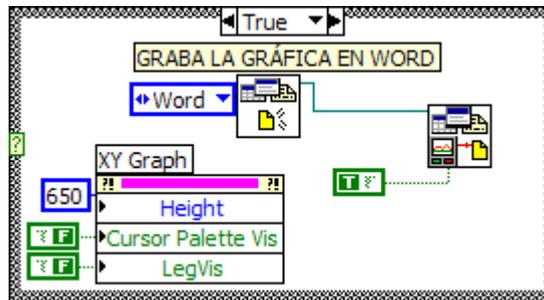


Figura 4-36 Programación para guardar el gráfico en Word.

4.4.4. VARIABLES GLOBALES.

Dentro de la programación se utiliza una ventana de variables globales, que son utilizados por varias de las ventanas y simplifican la programación, además como se verá más adelante ayuda bastante en la calibración de las máquinas.

CONSTANTES DE CALIBRACIÓN			
CELDA DE CARGA $y = mx + b$		Sensor de Presión $y = mx + b$	
celd (m)	celd (b)	spre (m)	spre (b)
276.55	-12.827	34497.2	-1178.73
Factor de corrección celda de carga		Factor de corrección sensor de presión	
0		0.006	
SENSOR DESPLAZAMIENTO Zwick $y = a x^3 + b x^2 + c x + d$		SENSOR DESPLAZAMIENTO Trebel UPM $y = a x^3 + b x^2 + c x + d$	
zdes (a)	zdes (b)	tdes (a)	tdes (b)
-2.4851	17.293	-2.4851	17.293
zdes (c)	zdes (d)	tdes (c)	tdes (d)
-81.473	140.68	-81.473	140.68
AREA	OPCIÓN	ESFUERZO MAXIMO	Y
0	0	Inf	0
			X
			2.60344E
		Fuerza max X	Fuerza max Y
		1.18171E	-7

Figura 4-37 Variables Globales

4.4.5. PANTALLA DE CALIBRACIÓN.

Para calibrar los sensores se realizó una pantalla adicional donde se ingresan los datos que marca el patrón y se registra el voltaje que tiene en ese instante el sensor. Mediante los datos del valor que tiene el patrón y el voltaje, se puede trazar una curva de calibración. Para ello al pulsar el botón “OK”, los datos del patrón y el voltaje en ese instante se envían a Excel para con la tabla de estos datos generar la curva mediante una línea de tendencia. El procedimiento de calibración se explica con mayor detenimiento en el capítulo 6.



Figura 4-38 Ventana del programa de calibración.

Durante el registro de los datos se generan dos archivos: uno de texto que sirve de intermediario y el de Excel en donde se procederá a trazar la curva. Para poder crear una nueva tabla de datos (una nueva calibración), es necesario borrar la lista de datos anterior, para ello existe el botón de borrar calibración, el cual borra los datos del archivo de texto intermedio.

La programación de esta pantalla se señala a continuación:

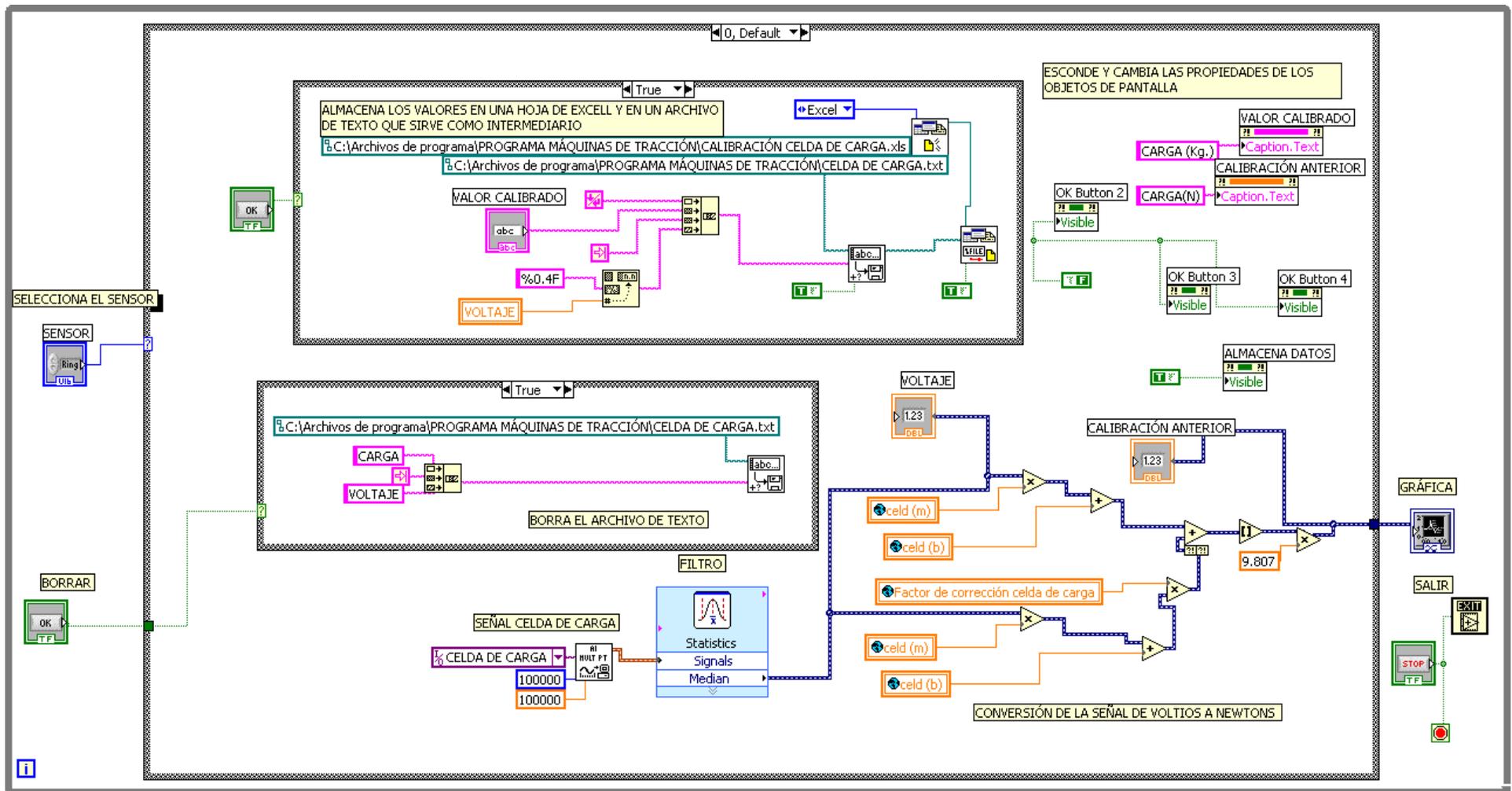


Figura 4-39 Programación para la adquisición de señales.

CAPÍTULO 5:

5. MONTAJE E INSTALACIÓN

5.1. MONTAJE DE LA CELDA DE CARGA

El montaje de la celda de carga se realiza por medio de los elementos diseñados en el capítulo anterior. La celda tiene en sus dos extremos agujeros con rosca de $\frac{3}{4}$ " UNF a los cuales se acoplan los elementos de sujeción. El procedimiento para su montaje es el siguiente:

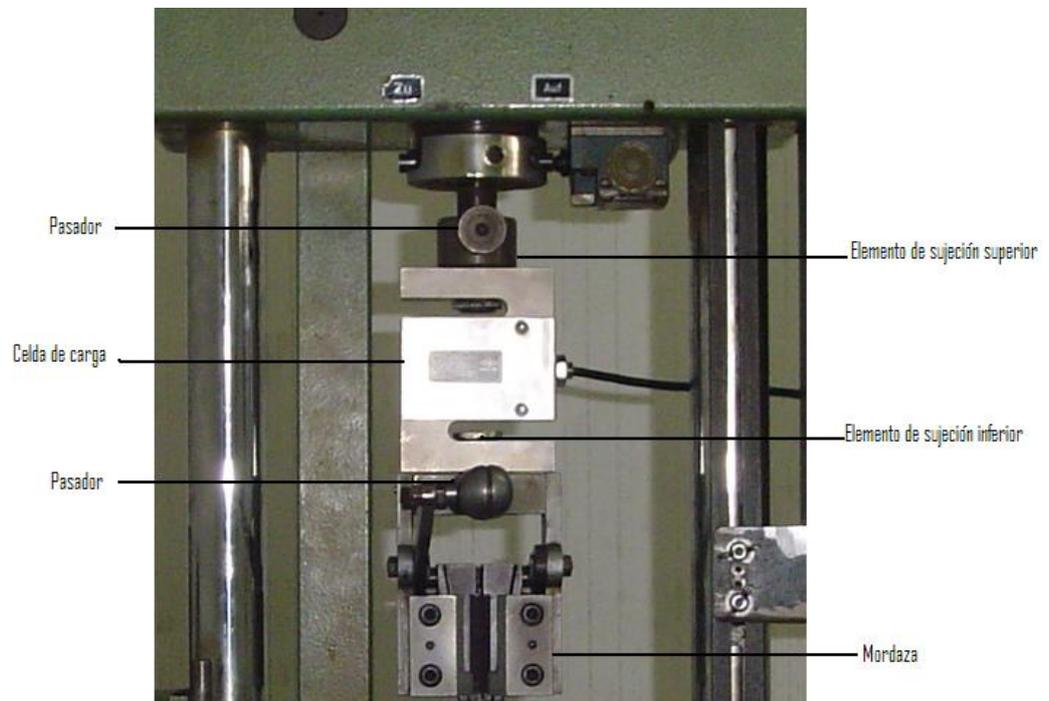


Figura 5-1 Esquema de montaje de la celda de carga.

1. Quitar el pasador de la máquina y desacoplar la mordaza halándola hacia abajo.
2. Roscar los dos elementos de sujeción a la celda de carga, ajustar bien y poner las contratuercas para evitar su movimiento.

3. Acoplar la parte superior de la celda de carga a la máquina, y colocar un pasador.
4. Acoplar la mordaza de la máquina a la parte inferior de la celda de carga, y colocar el pasador.

5.2. MONTAJE DE LOS TRANSDUCTORES DE DESPLAZAMIENTO

5.2.1. TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO MÁQUINA ZWICK 1141.

Este sensor debe ser acoplado a la máquina de tal forma que el vástago se mueva conjuntamente con la mordaza inferior que es la que realiza la tracción. El procedimiento para el montaje es el siguiente:

1. Colocar el sensor sobre la placa soporte.
2. Colocar la placa soporte con el sensor en la posición indicada.
3. Colocar la guía de la corredera móvil sobre el brazo del soporte y asegurar ambas piezas con los pernos.
4. Montar el palpador en la corredera móvil, asegurándolo con el tope y las mariposas de ajuste.
5. Insertar la corredera móvil dentro de los canales guías de la máquina y ajustarla en la parte inferior que le une con la mordaza.
6. Ajustar el vástago del sensor al palpador.
7. Colocar el conector.

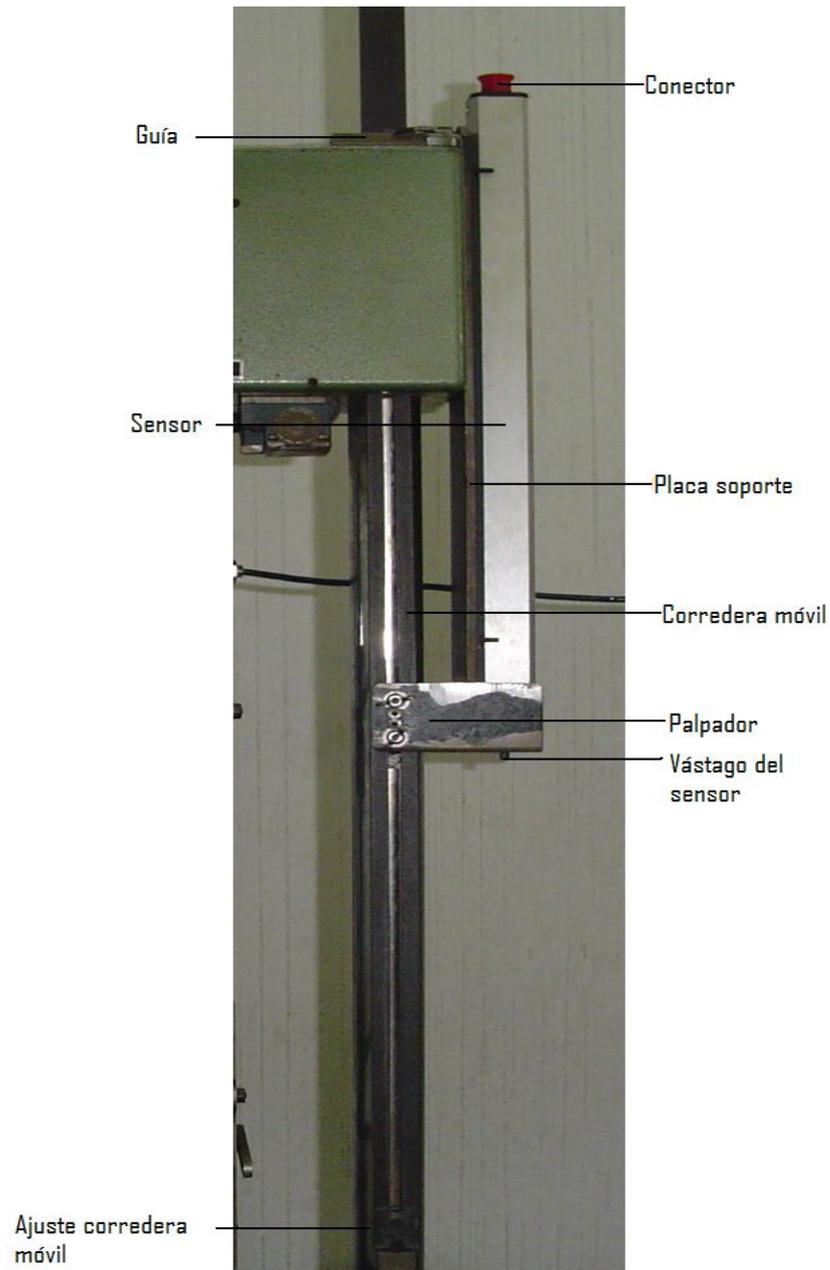


Figura 5-2 Esquema del transductor de desplazamiento en la máquina Zwick 1141.

5.2.2. TRANSDUCTOR DE DESPLAZAMIENTO MÁQUINA TREBEL UPM 120KN.

La principal diferencia con la máquina anterior, es que la mordaza que realiza la tracción es la superior por tanto el sensor debe estar montado con el vástago para arriba. El procedimiento para el montaje es el siguiente:

1. Colocar el sensor sobre la placa soporte.
2. Ajustar la placa soporte a la moraza inferior de la máquina.
3. Montar y ajustar la guía del vástago del sensor.
4. Colocar varilla de aumento del vástago en el sensor de desplazamiento y pasarlo por la guía.
5. Colocar el conector.

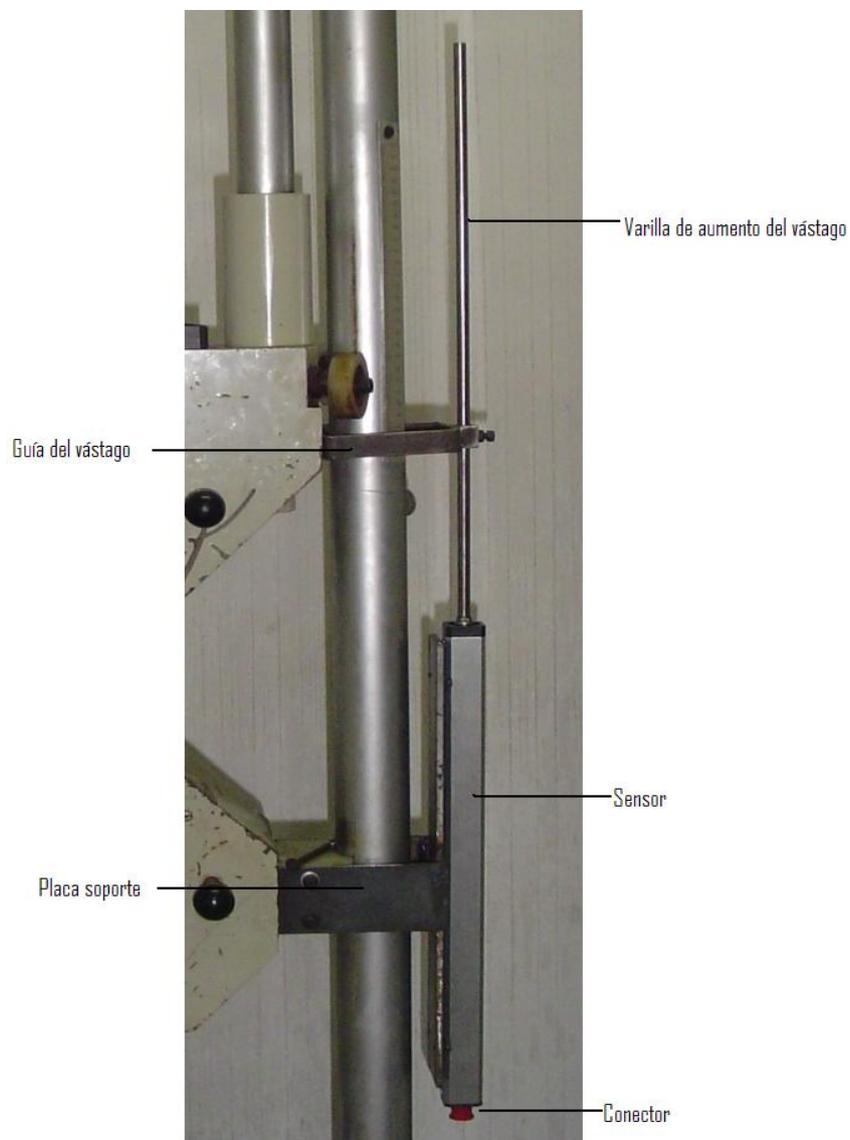


Figura 5-3 Esquema del transductor de desplazamiento en la máquina TREBEL.

5.3. MONTAJE DEL TRANSDUCTOR DE PRESIÓN.

Basado en el diseño de los acoples realizados en el capítulo anterior, para el montaje del transductor de presión se procedió a seguir el siguiente procedimiento:

1. Descargar la presión en el sistema por medio de la válvula de descarga.
2. Desconectar los acoples y la tubería donde se montó el transductor.
3. Montar los acoples en la T.
4. Montar la T con el sensor y acoples en la tubería de la máquina con teflón para evitar fugas en altas presiones.
5. Montar el sensor de presión en una T de ½" NPT con teflón para evitar fugas.
6. Probar si existe fugas, cargando el sistema.
7. Colocar el cableado dentro del conector.



Figura 5-4 Esquema del montaje del transductor de presión.

5.4. MONTAJE DEL HARDWARE.

5.4.1. MONTAJE DEL SISTEMA DE ACONDICIONAMIENTO.

Esta parte del proyecto es la de mayor importancia, debido a que estos sistemas electrónicos una vez montados se debe tratar de no moverlos, ya que la desconexión y conexión de un cable puede variar completamente la calibración de las señales. Por esta razón, se colocó este sistema de acondicionamiento dentro de una caja metálica con la finalidad de fijarlo y además que sirva de aislamiento a señales exteriores que afecten las mediciones.

El procedimiento para la instalación del sistema es el siguiente:

1. Colocar los módulos de acondicionamiento dentro de los slots para cada canal en el backplane.
2. Alimentar de corriente 120V al sistema:
 - a. Cable rojo: Línea (L)
 - b. Cable negro: Neutro (N)
 - c. Cable blanco: Tierra (T)
3. Conectar la fuente del sistema 5B al backplane:
 - a. Cable rojo 5V (+)
 - b. Cable negro 5V (-)
4. Conectar la celda de carga a módulo de acondicionamiento (Ver esquema capítulo 4):
 - a. Cable rojo (1): Exc +
 - b. Cable negro (4): Exc –
 - c. Cable verde (2): Señal +
 - d. Cable blanco (3): Señal –

- e. Cable transparente (5): Tierra
5. Conectar los sensores de desplazamiento a los módulos (Ver esquema capítulo 4):
 - a. Cable rojo (1): Exc +
 - b. Cable rosado (2): Señal +
 - c. Cable verde (3): Neutro
 6. Conectar el sensor de presión al módulo de acondicionamiento (Ver esquema capítulo 4):
 - a. Cable negro (1): Exc +
 - b. Cable negro (2): Señal +
 - c. Cable verde (T): Tierra
 7. Colocar la fuente del sensor de presión(Ver esquema capítulo 4):
 - a. Cable blanco (+): Exc +
 - b. Cable blanco (-): Señal -
 8. Conectar al backplane todas las líneas de tierra.
 9. Conectar el cable de transmisión de datos.

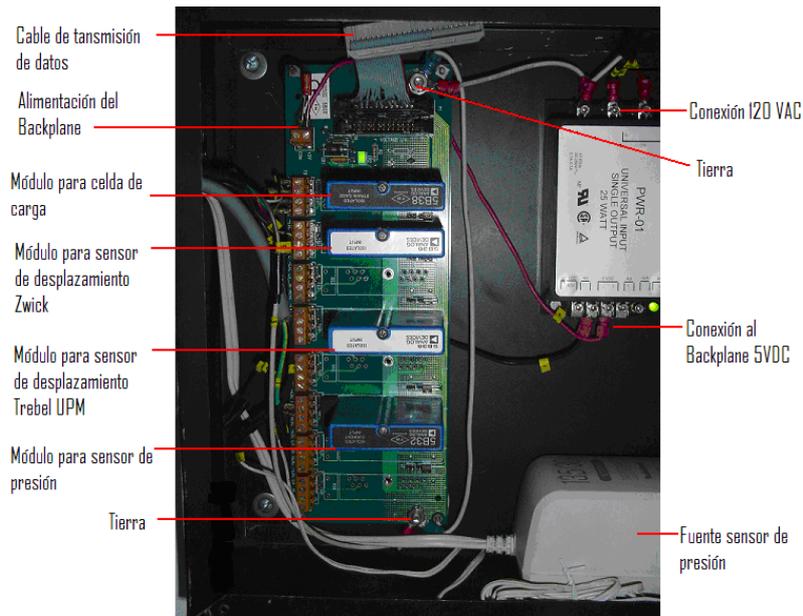


Figura 5-5 Esquema de instalación de los módulos de acondicionamiento.

5.4.2. MONTAJE DE LA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

5.4.2.1. Instalación del Software NI-DAQ 7.3.

Para el montaje de la tarjeta de adquisición de datos como primer punto se debe instalar el software de la tarjeta NI-DAQ 7.3.

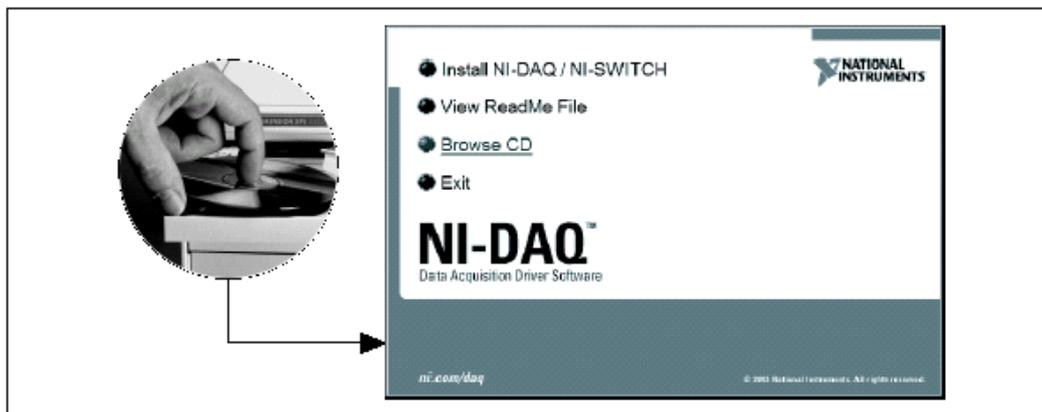


Figura 5-6 Pantalla de instalación del NI-DAQ 7.3

Es recomendable instalar el software antes de instalar el hardware para que este sea reconocido automáticamente.

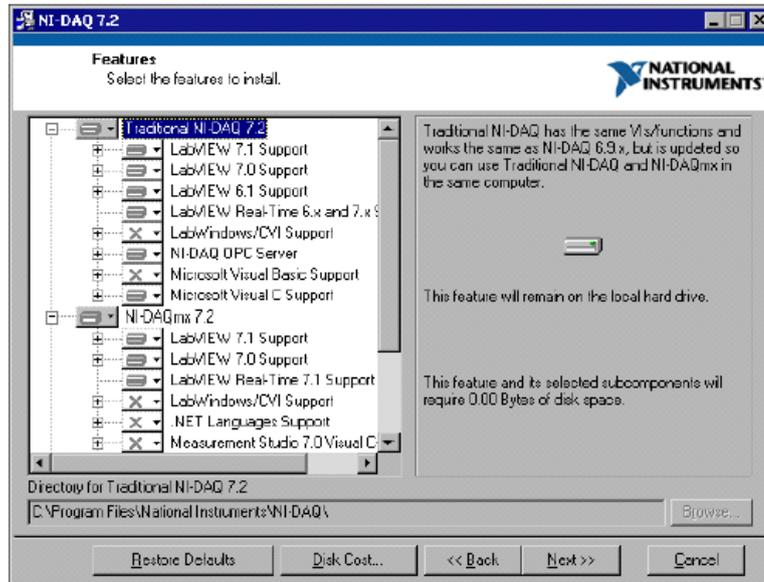


Figura 5-7 Pantalla que señala los elementos a instalarse.

El programa NI-DAQ 7.3 reconoce automáticamente el software de la NI instalado y selecciona la última versión de los drivers, aplicaciones y lenguaje correspondiente a dicho programa. Es por ello que se recomienda instalar el LabView antes de instalar el NI-DAQ 7.3, si se sigue esta recomendación, no es necesario realizar ningún cambio en la instalación que se presenta por defecto en la pantalla.

Si se instala el NI-DAQ 7.3 antes del LabView es necesario instalarlo nuevamente para que se instale el software de soporte adecuado. Cuando se termina de instalar se debe resetear la computadora.

5.4.2.2. Montaje físico de la tarjeta de adquisición de datos.

Se debe tener mucha precaución el momento de montar la tarjeta de no tocar los pines de los conectores con los dedos, es preferible tomar las siguientes precauciones:

- Tocar antes de la instalación un objeto conectado a tierra para desechar todas las cargas estáticas que uno tiene.

- La tarjeta viene dentro de un paquete antiestático, antes de sacarla de este es preferible tocar el paquete a una parte metálica o al chasis de la computadora para quitar las cargas estáticas de este.

Para instalar la tarjeta PCI – 6024E se siguen los siguientes pasos:

- a) Apagar y desconectar la computadora.
- b) Quitar la tapa del chasis de la computadora y el protector del slot donde se va a poner la tarjeta.
- c) Tocar cualquier parte metálica de la computadora para descargar las cargas estáticas.
- d) Inserta la tarjeta DAQ 6024-E en el slot de la computadora. Este tiene que entrar suavemente, no se debe forzar para hacerlo.
- e) Se debe asegurar la tarjeta con los tornillos y la placa que esta tiene.
- f) Volver a colocar la tapa del chasis de la computadora.

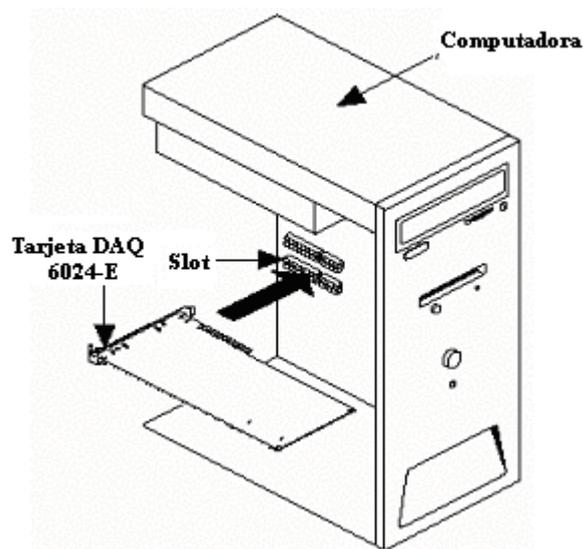


Figura 5-8 Esquema de instalación de la tarjeta NI DAQ 6024-E

5.4.2.3. Configuración de la tarjeta de adquisición de datos.

Al encender la computadora, Windows reconoce automáticamente el nuevo hardware instalado, para confirmarlo se da doble clic en el ícono del programa “Measurements & Automation” que se encuentra en el escritorio.



Figura 5-9 Ícono del Measurements & Automation

Dentro del programa se siguen los siguientes pasos:

- a) Expandir “Devices and Interfaces”
- b) Chequear que la tarjeta NI DAQ 6024E aparezca debajo de “Devices and Interfaces”.

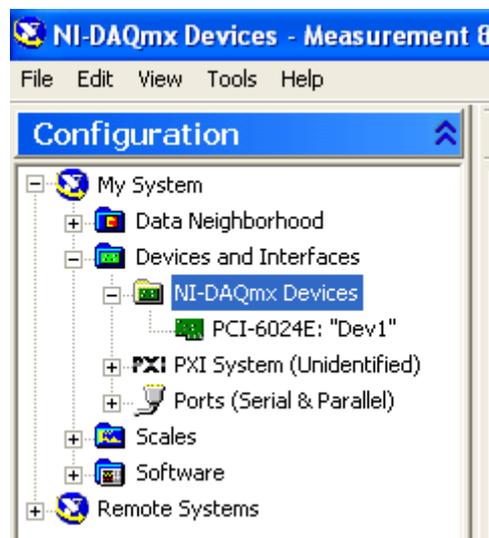


Figura 5-10 Lista de dispositivos de adquisición de datos instalados.

- c) Dentro de este programa se puede realizar un test en el cual se ve la señal que se está enviando a cada entrada de la tarjeta, si los sensores ya están conectados se verá el comportamiento de estos. Para ingresar al test panel se da clic derecho sobre el dispositivo y se escoge “Test Panels...”

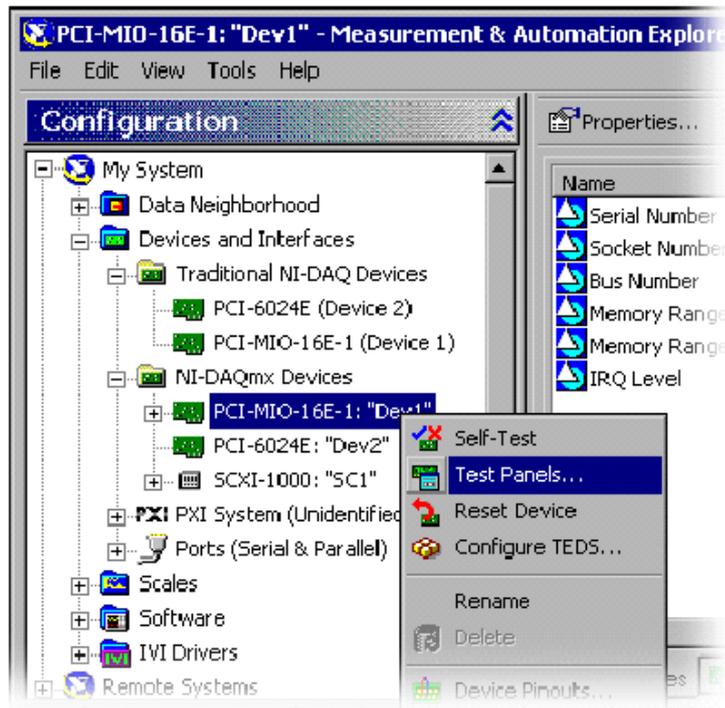


Figura 5-11 Como ingresar al Test Panels

- d) Dentro del “Test Panels” se escoge el canal de entrada y su configuración, y se observa la onda que recibe la tarjeta.

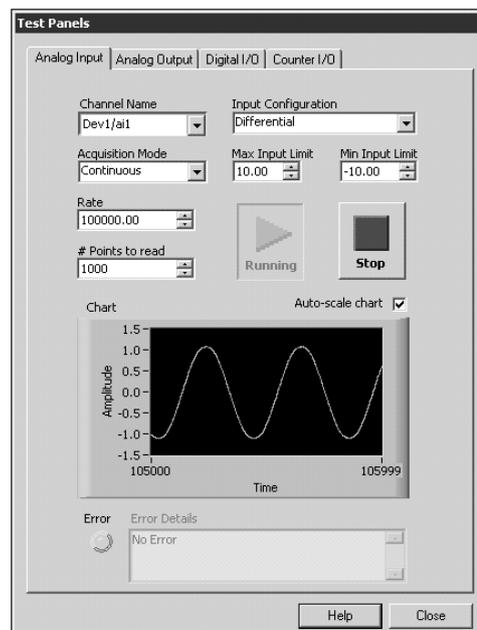


Figura 5-12 Pantalla de pruebas del Test Panels.

5.5. INSTALACIÓN DEL SOFTWARE

5.5.1. INSTALACIÓN DEL LABVIEW 7.1



Figura 5-13 Pantalla de inicio para instalar el LabView 7.1

El primer paso para poder correr el programa, es la instalación del programa soporte bajo el cual corre el programa desarrollado, en este caso el LabView 7.1. Para ello se deben insertar el CD número uno de instalación. Al ingresarlo automáticamente aparece la pantalla que se observa en el gráfico anterior y se debe escoger la opción “Install LabView 7.1” para iniciar la instalación.

Después de inicializarse los instaladores, el programa de instalación pide que se ingrese los datos del usuario y el número de serie de la licencia del programa.

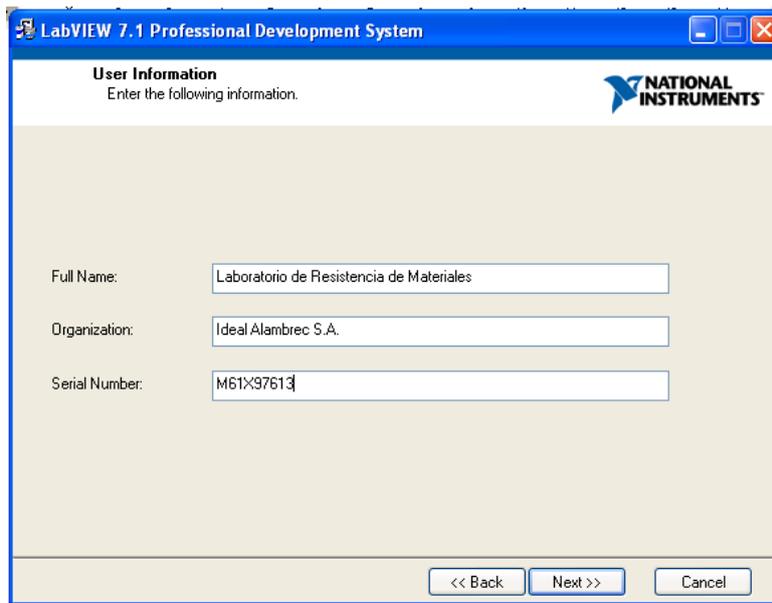


Figura 5-14 Ingreso de los datos de usuario y el número de serie del LabView.

Verificada la licencia, pide seleccionar la carpeta en la cual se instalará el LabView, es preferible mantener la que se presenta por defecto; y luego pide que se seleccione el tipo de instalación a realizarse, seleccionando la instalación completa.

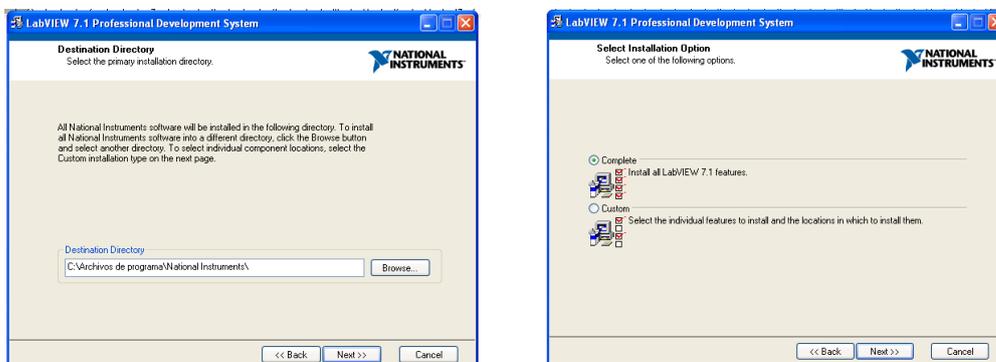


Figura 5-15 Pantallas de instalación del LabView.

Se aceptan las dos pantallas que indican el contrato y las licencias del programa.

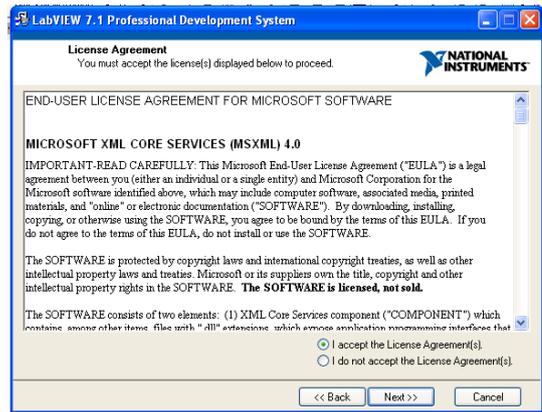
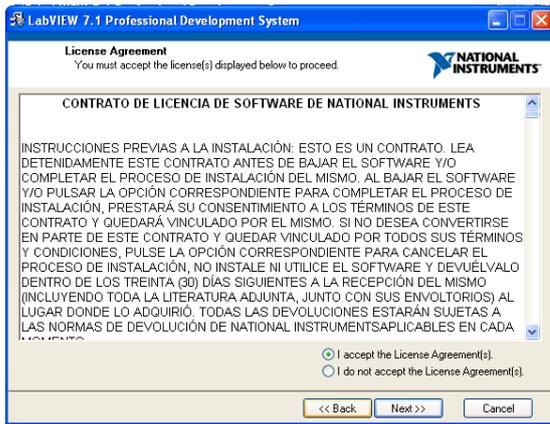


Figura 5-16 Pantallas de las Licencias de instalación del LabView.

A la siguiente pantalla se pone "Next" y empieza la instalación.

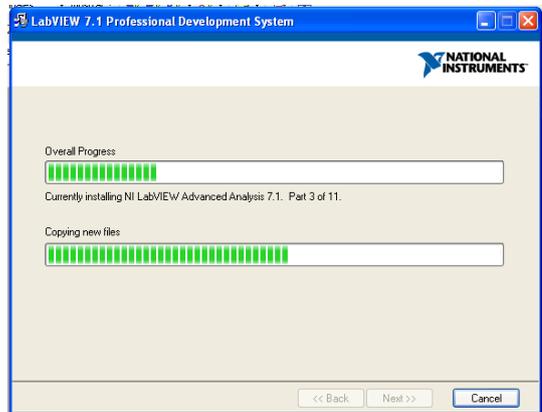
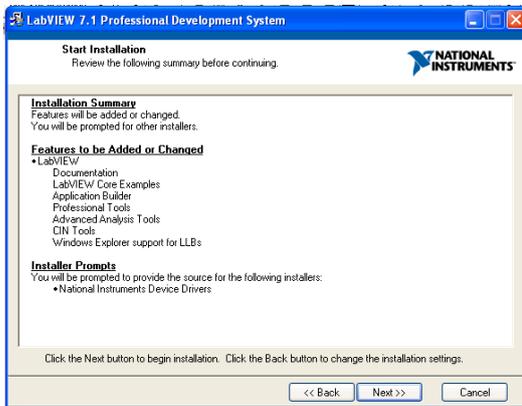


Figura 5-17 Pantallas de instalación del LabView.

Luego se pide ingresar el otro CD con los Drivers para las tarjetas.



Figura 5-18 Pantalla que pide el ingreso del segundo CD de instalación

Después de inicializarse los archivos para la instalación de los drivers aparece una pantalla en la que se puede escoger los dispositivos a instalarse, para este caso se escogen los que aparecen por defecto y se presiona “Next” a las siguientes dos pantallas.

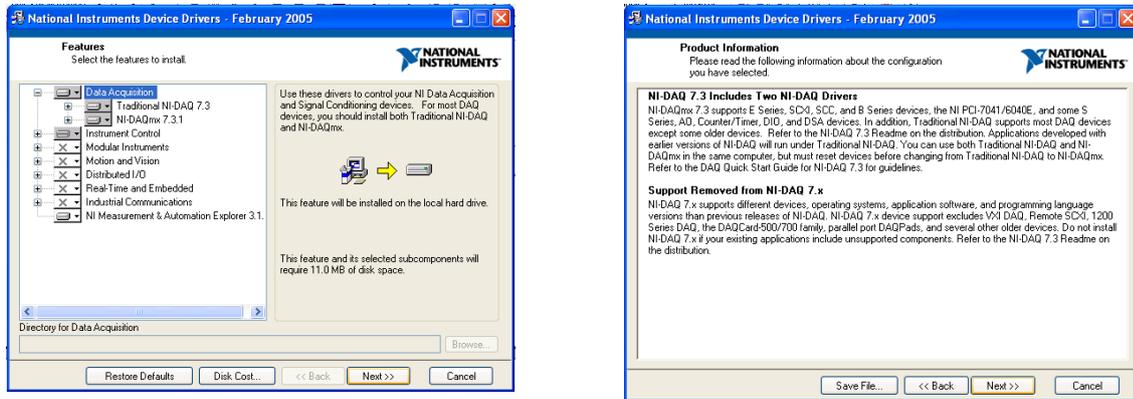


Figura 5-19 Pantalla de instalación de los drivers del segundo CD de LabView.

Se acepta la licencia del programa y la siguiente pantalla para que se proceda la instalación.

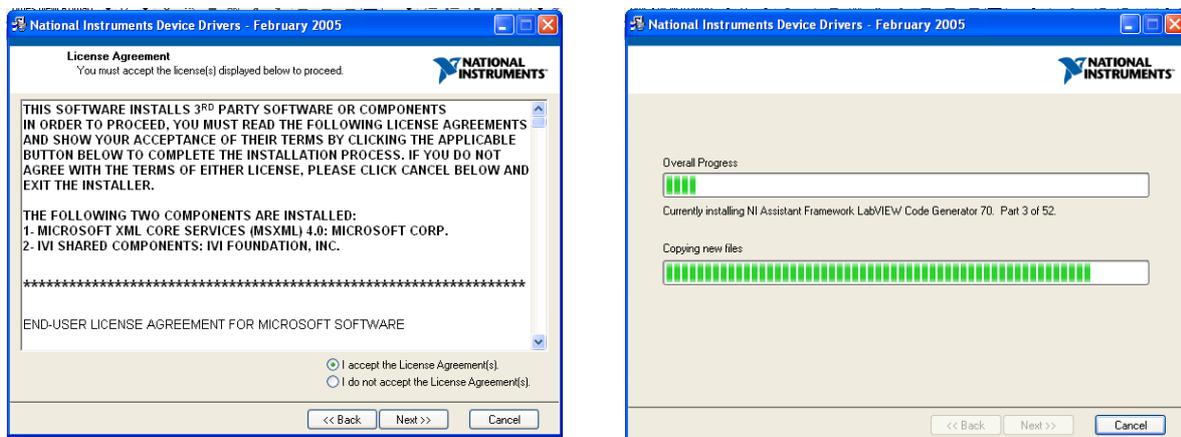


Figura 5-20 Pantalla de instalación de los drivers del segundo CD de LabView.

Posteriormente se pide el ingreso del tercer CD, para terminar la instalación del LabView.

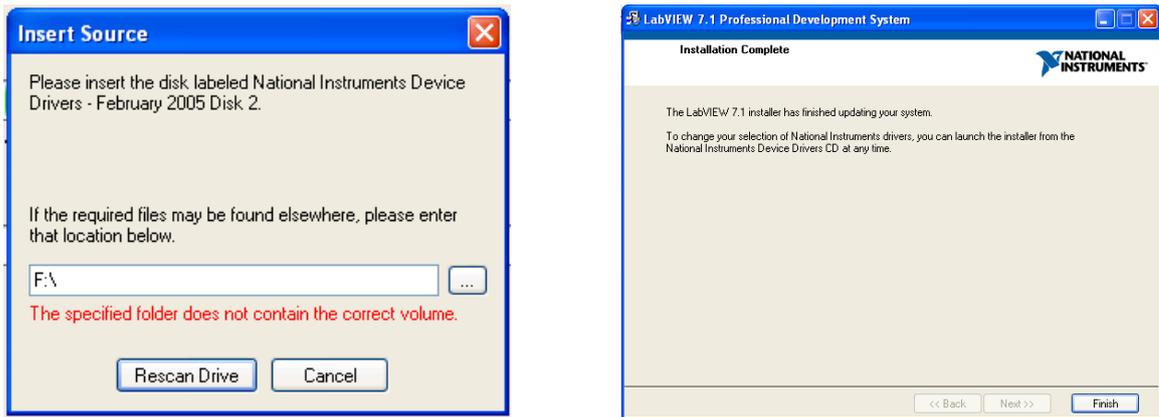


Figura 5-21 Pantalla de instalación de los drivers del tercer CD de LabView.

Se reinicia la computadora, para que se actualice el sistema.

5.5.2. INSTALACIÓN DEL REPORT GENERATION TOOL KIT.

Para que el LabView pueda trabajar en enlace con Excel y Word, se instalaron las herramientas adicionales que vienen aparte a la Licencia del LabView. Para su instalación se ingresa el CD que contiene estas herramientas y se selecciona la carpeta “LabView”. Dentro de esta se selecciona “Report Generation” y se instala el programa seleccionando “Setup.exe”.

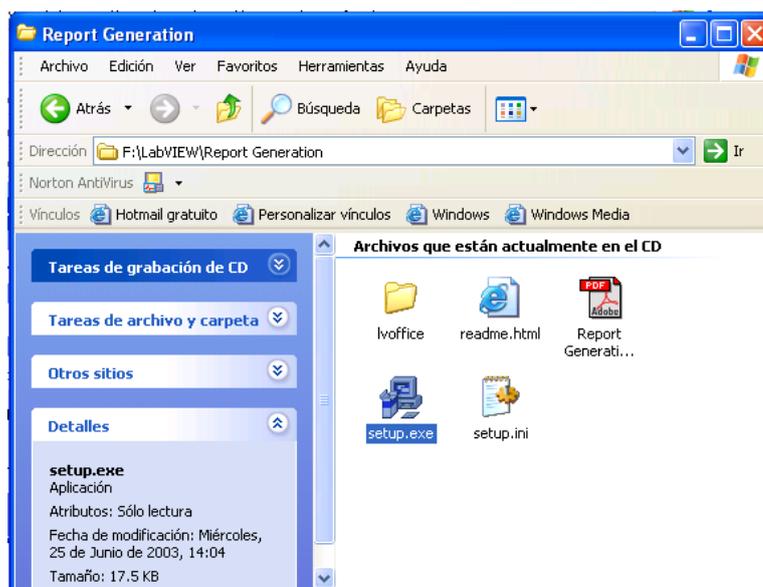


Figura 5-22 Carpeta que contiene el archivo de instalación del Report Generation Tool Kit.

De esta manera se inicia la instalación del módulo adicional, igualmente se tiene que aceptar las condiciones de licencia.

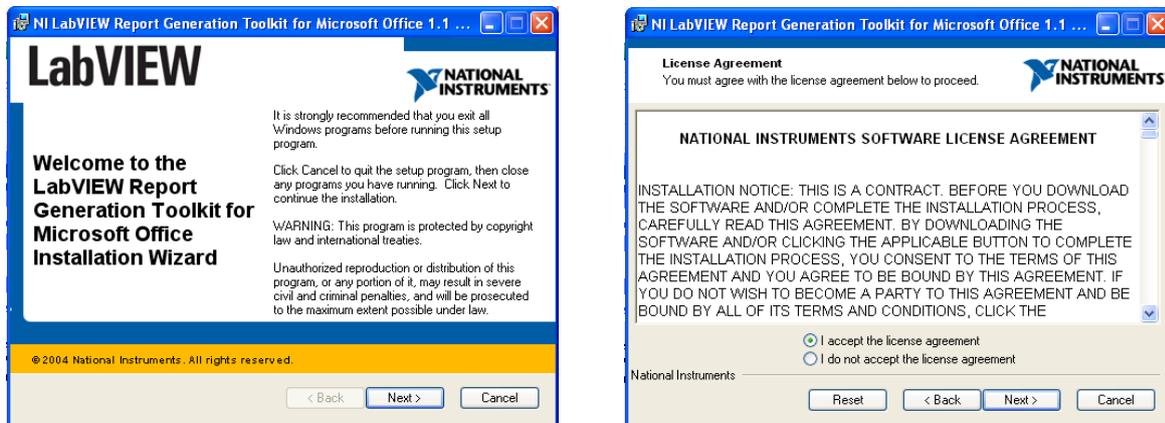


Figura 5-23 Pantalla de instalación del Report Generation Tool Kit.

Para la instalación se pide el número de serie de la licencia, el cual es el mismo que el del LabView.

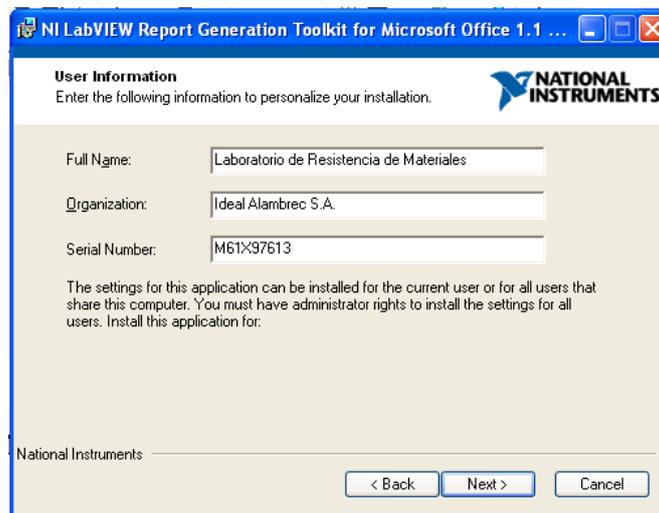


Figura 5-24 Ingreso de datos de usuario y número de serie del Report Generation Tool Kit.

Se instalan los archivos en el directorio especificado por defecto y se instalan los archivos.

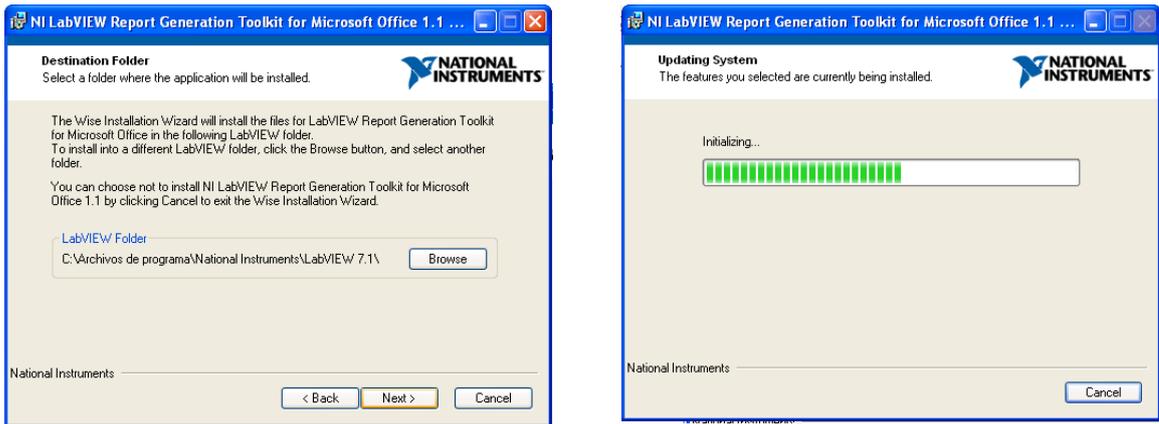


Figura 5-25 Pantalla de instalación del Report Generation Tool Kit.

Una vez que se ha terminado de instalar el programa aparecerá la siguiente pantalla, y no es necesario reiniciar la computadora.



Figura 5-26 Pantalla que indica la instalación del Report Generation Tool Kit terminó.

5.5.3. INSTALACIÓN DEL PROGRAMA DESARROLLADO.

Se pone en la computadora el CD de instalación con el programa, y se copia la carpeta.

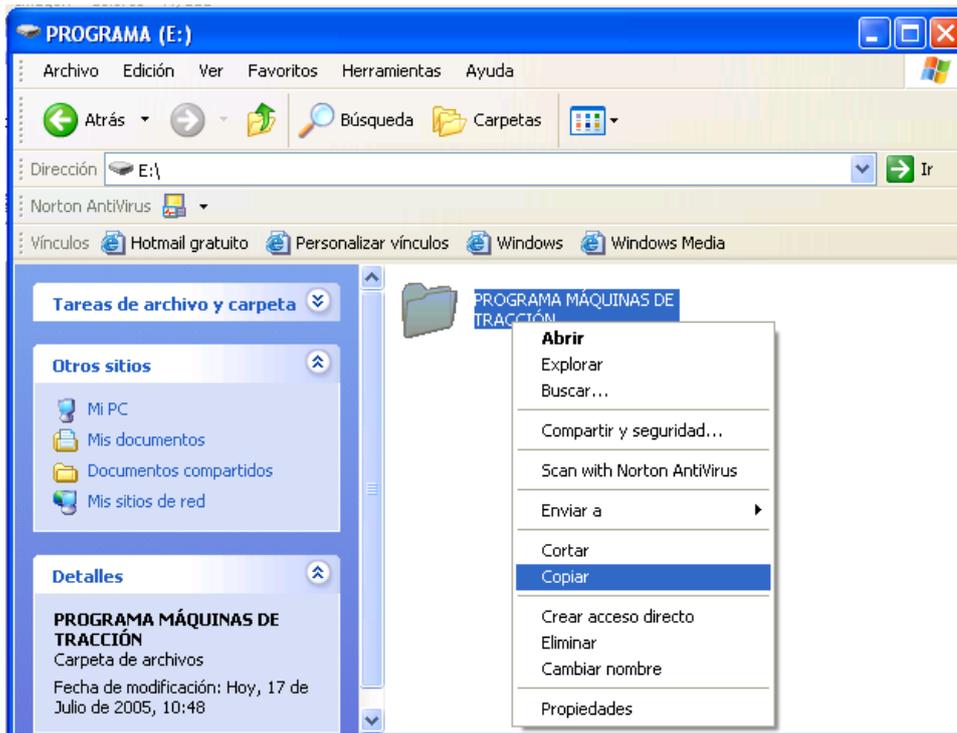


Figura 5-27 Copiar del CD de instalación el programa desarrollado

Se pega la carpeta dentro de la unidad C: en la carpeta de “Archivos de Programas”.

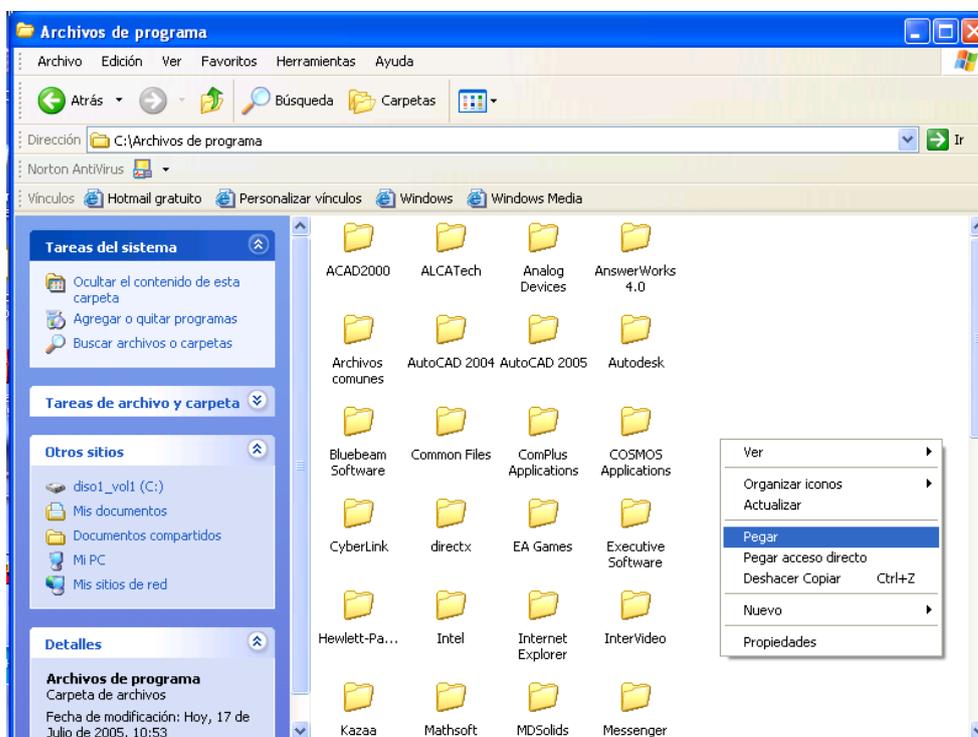


Figura 5-28 Carpeta en la que se tiene que pegar la carpeta del programa.

Se abre la carpeta copiada y se crea un acceso directo en el escritorio al archivo “MENUPRIN”.

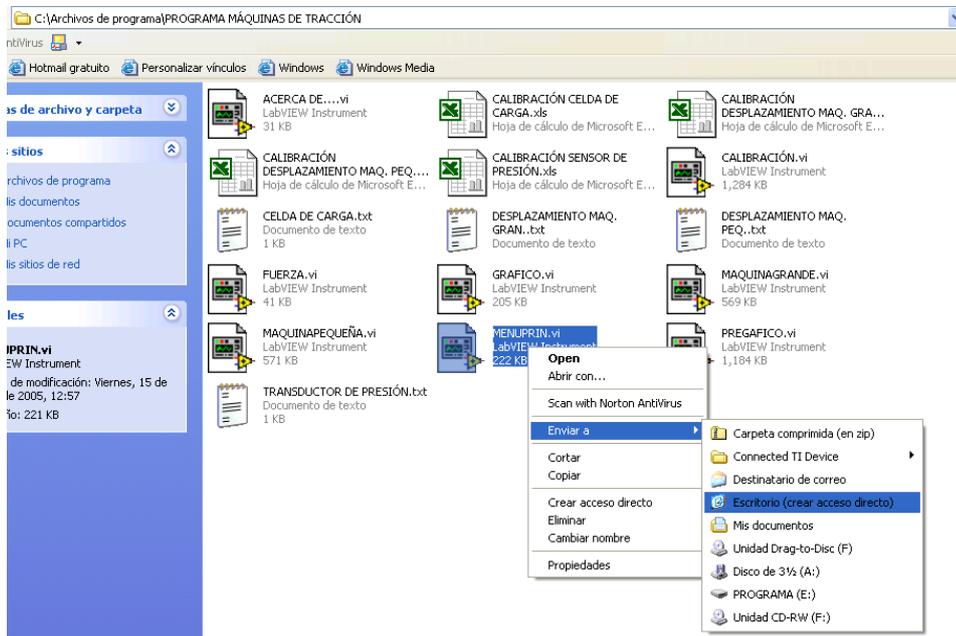


Figura 5-29 Crear el acceso directo al programa desde el escritorio

Creado el acceso directo, a este se le puede cambiar de nombre para poder ingresar desde este al programa.



Figura 5-30 Acceso directo al programa.

CAPÍTULO 6:

6. PRUEBAS, PUESTA A PUNTO Y CALIBRACIÓN

6.1. PRUEBAS

Habiendo finalizado la conexión de todos los sistemas eléctricos y la programación del software, se comprobó que todo el conjunto este en correcto funcionamiento.

El programa fue corrido en su totalidad, para verificar que todos los parámetros funcionen bien y este no se cuelgue. Fueron comprobados los controles, botones, displays y demás opciones que sirven de enlace e interacción del usuario con el programa, verificando que son de fácil uso y que arrojan valores correctos.

Con respecto a las señales, se observó la forma que están llegando a la computadora por medio del software NI-DAQ 7.3 y su opción de “Test Panel”, en donde se ajusta rápidamente la señal y puede ser observada en un display.

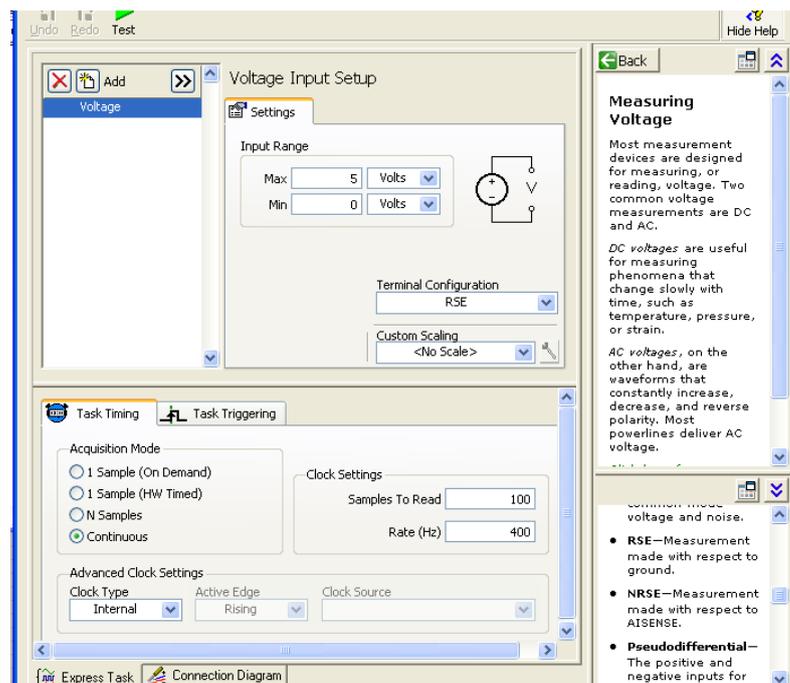


Figura 6-1 Pantalla de prueba de señales.

Esta pantalla nos permite ingresar los rangos de entrada del sensor, el número de muestras de adquisición de datos con su frecuencia y el tipo de terminal, para luego mostrar realmente como esta la señal:

Como se observa en la siguiente figura, la señal varía en el tiempo mientras el sensor sufre un cambio físico. De este análisis, se encontró que la señal en todos los sensores tienen una forma de gradas pequeñas, que esta dado por la precisión que tienen, esto quiere decir, que existe una mínima medida que el sensor puede marcar y por tanto la señal fluctúa dentro de este rango, como se muestra en la siguiente figura:

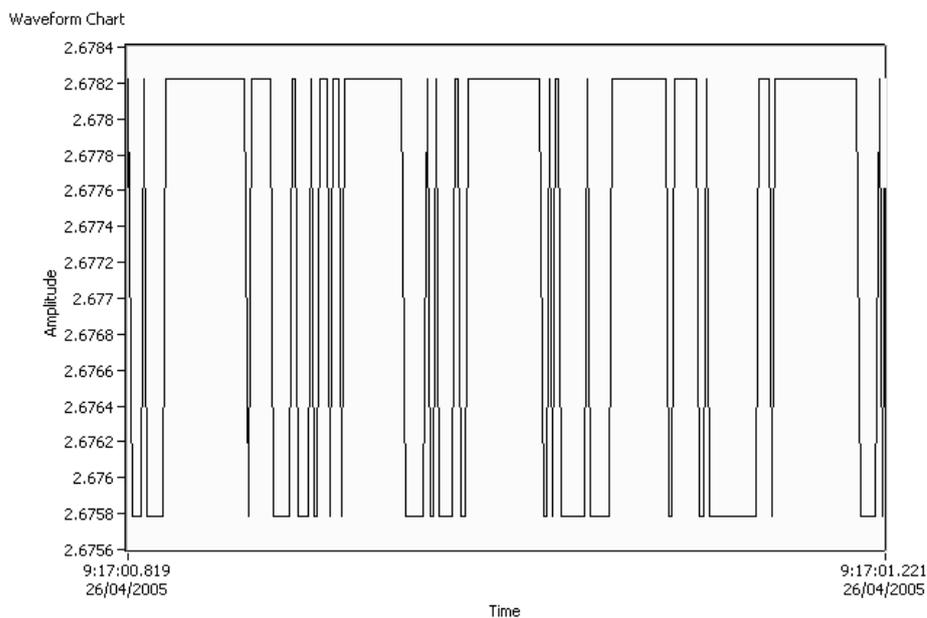


Figura 6-2 Señal pura del sensor de desplazamiento.

Para que la señal fuera observada como una línea, lo que se realizó fue la colocación de un filtro digital en el software, justo antes de la utilización de la señal para todas las operaciones que se ejecutan en el programa realizado. Este filtro se encarga de sacar la media de la señal, con esto se logro que la señal de fuerza y desplazamiento se observe estable en el tiempo

6.2. PUESTA A PUNTO

Para poner en funcionamiento el nuevo sistema de medición de las máquinas actualizadas en este proyecto, se revisó primero que las señales de los sensores lleguen y sean mostradas en la pantalla del computador.

Se revisó también que las señales de voltaje de entrada de los sensores estén dentro de los límites especificados por los fabricantes del acondicionador y tarjeta de adquisición de datos. Para esto se hizo funcionar a los sensores, observando su correcto desempeño y además que la señal se mantuviera continua en el tiempo.

Se verificó que las partes mecánicas de las dos máquinas se encontraran en perfecto funcionamiento y ajuste, principalmente las mordazas que influyen directamente en los ensayos de tracción.

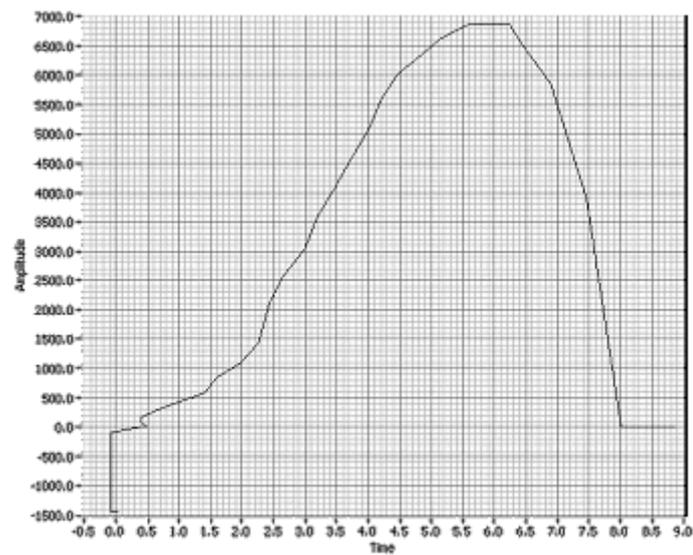


Figura 6-3 Gráfico Fuerza – Desplazamiento máquina TREBEL.

Lo último que se realizó antes de entrar a calibrar las máquinas, fue buscar el mejor rango de número de muestras y frecuencia de toma de datos para tener una señal limpia y sin gradas. Después de varias pruebas se pudo determinar que a los sensores de desplazamiento se les debía hacer funcionar con un número de muestras de 600 y una frecuencia de 1000, y a los sensores

de fuerza, que son el de presión y la celda de carga, con un número de muestras de 1500 y una frecuencia de 10000. Esta diferencia entre los sensores se debe a que con esta medida se pudo lograr que la señal de fuerza sea tomada como principal y la señal de desplazamiento sea la secundaria, obteniendo con esto gráficas fuerza-desplazamiento sin gradas, como se ve en la siguiente figura anterior.

6.3. CALIBRACIÓN

La calibración de los sensores se basa en relacionar un parámetro físico, como fuerza y desplazamiento, dado por un patrón y la señal de voltaje que emite el sensor en un instante determinado. La realización de esta calibración por el usuario final es de mucha importancia, por tanto debe ser fácil e interactiva, para que se la realice de la mejor manera. Por esta razón se realizó en el proyecto, una pantalla de calibración programada en donde se pueden observar el voltaje que esta enviando el sensor cuando tiene un parámetro de fuerza o desplazamiento determinado, y partiendo de ahí envía los dos valores a una hoja de EXCEL preparada para realizar una curva de ajuste real de funcionamiento.



Figura 6-4 Pantalla de Calibración de las señales.

Como se observa en la figura, la pantalla de calibración tiene varios indicadores y controladores. Existen los siguientes indicadores: voltaje, sensor en análisis y de la señal anterior, que se encuentran en la parte derecha de la pantalla. Existe un control, en donde se ingresa el nuevo valor de calibración.

El procedimiento general para calibración fue el siguiente:

1. Colocar el sensor en una posición que sea tomada por el usuario como cero, y colocar este valor dentro del control de la pantalla y pulsar el botón "OK", para que este primer valor sea enviado a la hoja de EXCEL.
2. Por medio del patrón necesario para cada sensor, hacer varias mediciones colocando la medida real en el control y pulsando el botón "OK".
3. Habiendo barrido toda la escala, se debe trabajar en la nueva hoja de EXCEL abierta automáticamente. Esto implica el obtener la curva real de trabajo del sensor con su ecuación en función del voltaje que envían los sensores.

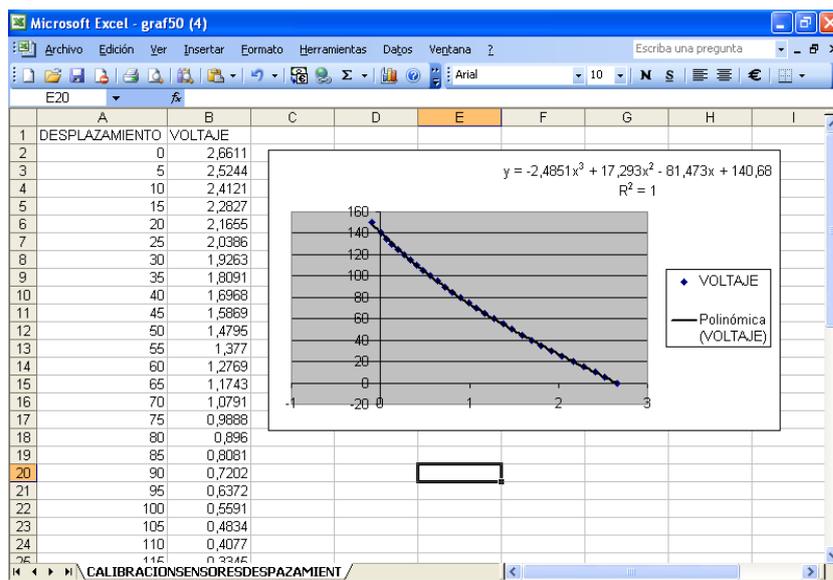


Figura 6-5 Hoja de EXCEL de calibración de los sensores.

4. La nueva ecuación de trabajo debe ser ingresada en la pantalla global FUERZA (figura 6.6), para que este disponible en todas las operaciones que realiza el programa de trabajo.

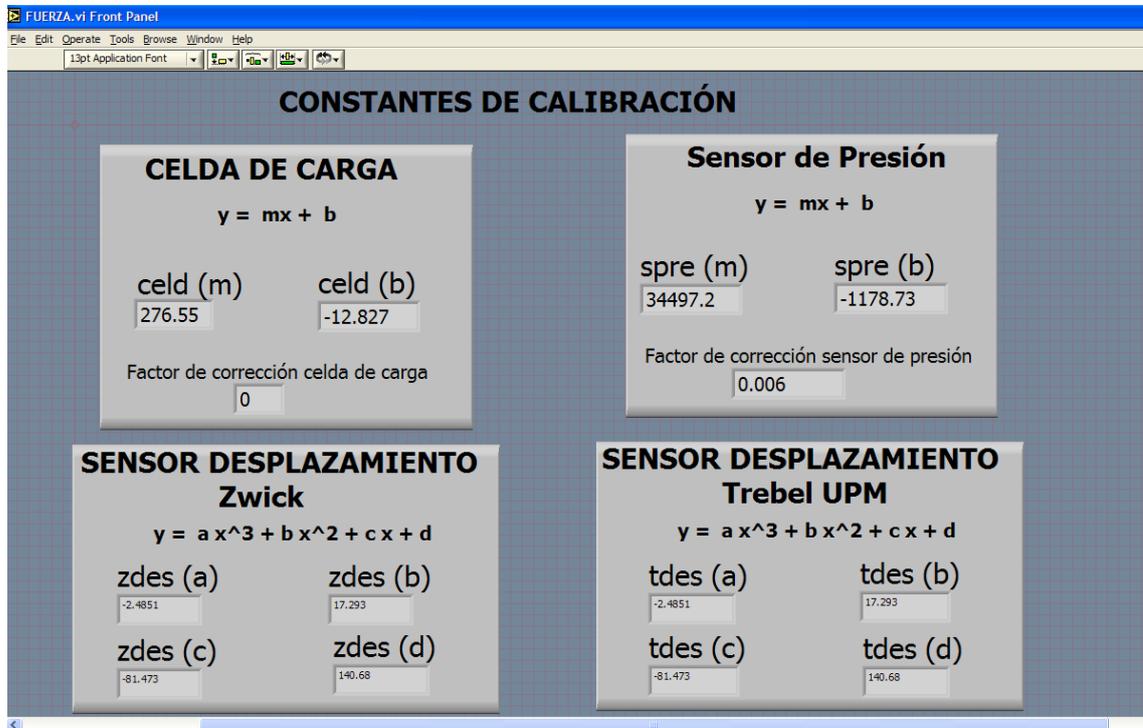


Figura 6-6 Pantalla Global FUERZA.

6.3.1. CELDA DE CARGA

La máquina Zwick trabaja solamente a tracción y el INEN no cuenta con un patrón para calibrar estas máquinas, debido a esto la calibración de la celda de carga se la realizó por medio de la empresa Pecitrol S.A., que se dedica a dar servicio técnico a todo tipo de balanzas.

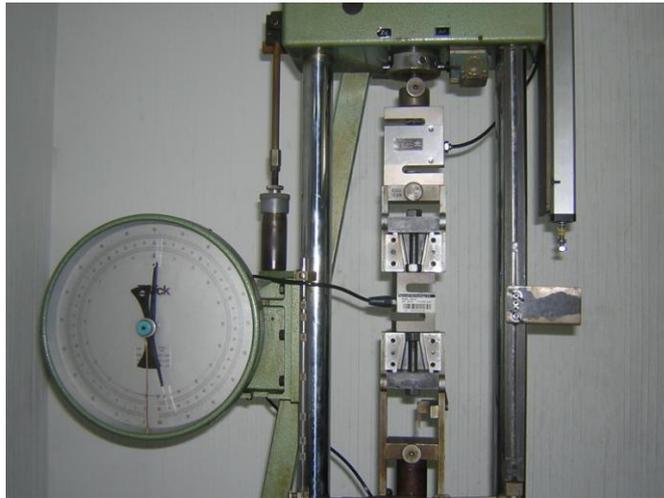


Figura 6-7 Calibración por medio de celda de carga (Zwick)

La calibración consistió en colocar entre las mordazas de la máquina, una celda de carga de Pecitrol S.A., calibrada con peso muerto, y conectada a un display.

Luego realizando tracción en la máquina, se barrió toda la escala tomando datos, mediante el programa de calibración antes mencionado, de Fuerza vs. Voltaje con los cuales se obtuvo los siguientes datos y ecuación de trabajo de la celda de carga:

Tabla 6-1 Datos Carga (kg.) – Voltaje (V) Celda de Carga

CARGA (kg.)	VOLTAJE (V)
0	0,046387
4	0,061
99	0,4028
151	0,5933
203	0,7812
256	0,9692
310	1,167
430	1,5991
493	1,8262
558	2,0605
687	2,5293
756	2,7759
821	3,0127
954	3,4912
1013	3,7085
1076	3,9526
1109	4,1895

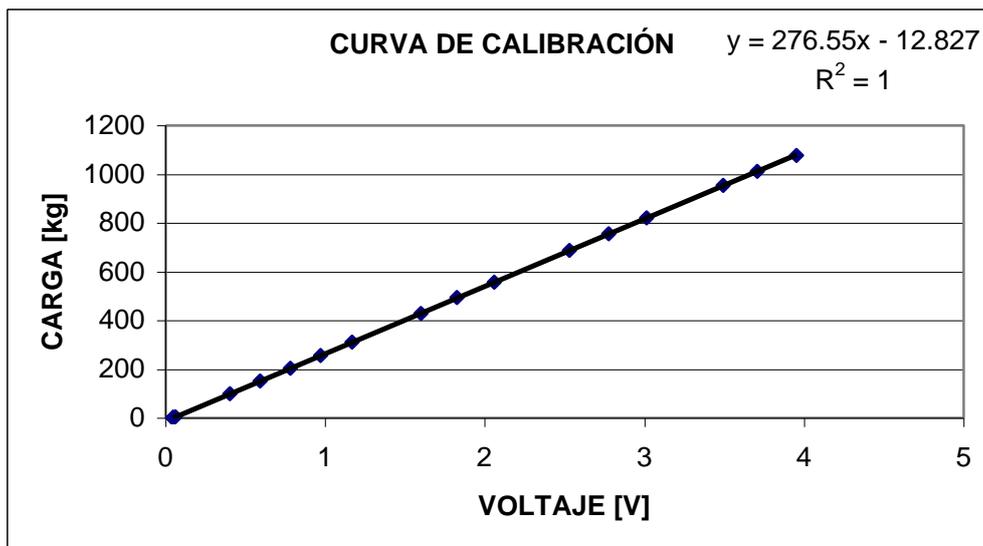


Figura 6-8 Curva de calibración Celda de Carga.

Se comprobó luego de la calibración, que el display de la celda de carga patrón, marcaba el mismo valor que la celda de carga utilizada en el proyecto, por tanto quedo listo el sistema para la verificación y certificación del INEN, el cual se realizará con la misma celda de carga luego de pasar esta por una certificación.

6.3.2. SENSOR DE PRESIÓN

Cuando se calibra un instrumento, se debe tener en cuenta que la forma correcta de hacerlo es comparando con un patrón de medida. En Ecuador la empresa que certifica máquinas de tracción es el INEN, la cual posee patrones de medición de fuerza que sirven para controlar en las empresas que los valores de resistencia de sus productos sean verdaderos y cumplan con las normas.

Los patrones del INEN, son unos anillos metálicos calibrados para trabajar a compresión. Lo que se hace para verificar las medidas en las máquinas, es barrer toda la escala de funcionamiento. Para esto se ajustan todas las mediciones a realizarse en un palpador conectado a la parte superior del anillo del INEN que vibra sobre una base graduada sujeta a la parte inferior.

Entonces, cuando se realiza fuerza de compresión sobre el anillo y el palpador deja de vibrar, es aviso que ya se llegó a la medida ajustada.



Figura 6-9 Anillo de calibración INEN.

En la máquina Trebel UPM 120 KN, la cual trabaja con presión de aceite, el movimiento del cabezal permite que se pueda trabajar a compresión, por tanto fue posible calibrar el sensor de presión con el anillo patrón del INEN. Para obtener la curva de calibración del sensor se decidió tomar cinco medidas: 0, 30000, 60000, 90000 y 110000 N, mediante el programa de calibración antes mencionado. Estas medidas fueron suficientes debido a que el sensor de presión es de trabajo lineal y por lo tanto su ecuación es una recta.

Los datos de Fuerza vs. Voltaje y la ecuación de trabajo que se obtuvieron son los siguientes:

Tabla 6-2 Datos Carga(N) – Voltaje(V) Sensor de presión.

CARGA (N)	VOLTAJE (V)
0	0,0341797
132,3945	0,036621
30182,3945	0,90332
60222,3945	1,772461
90212,3945	2,63916
110192,3945	3,242187

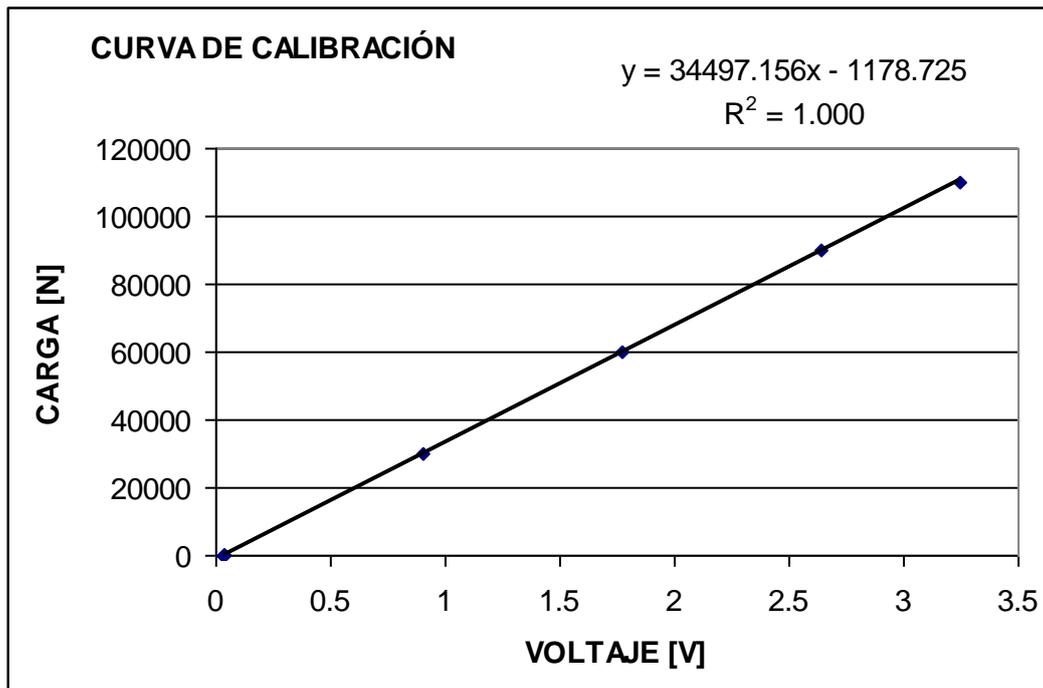


Figura 6-10 Curva de calibración Sensor de Presión.

Con esta ecuación la máquina quedó calibrada, para luego ser verificada y certificada por el INEN.

6.3.3. SENSOR DE DESPLAZAMIENTO

La calibración de los sensores de desplazamiento de las dos máquinas, se realizó por medio de un calibrador pie de rey que mide hasta la centésima de milímetro. El procedimiento consistió en mover el vástago del sensor de 10 en 10 mm., y por medio del programa de calibración ir tomando datos de Desplazamiento vs. Voltaje para hallar la ecuación de trabajo del sensor.

La curva de calibración y los datos Desplazamiento vs. Voltaje para la máquina Zwick se muestran a continuación:

Tabla 6-3 Datos Desplazamiento (mm.) – Voltaje (V) Sensor de Desplazamiento

DESPLAZAMIENTO (mm.)	VOLTAJE (V)
0	2,6611
5	2,5244
10	2,4121
15	2,2827
20	2,1655
25	2,0386
30	1,9263
35	1,8091
40	1,6968
45	1,5869
50	1,4795
55	1,377
60	1,2769
65	1,1743
70	1,0791
75	0,9888
80	0,896
85	0,8081
90	0,7202
95	0,6372
100	0,5591
105	0,4834
110	0,4077
115	0,3345
120	0,2637
125	0,1953
130	0,1318
135	0,0684
140	0,0073
150	-0,1001

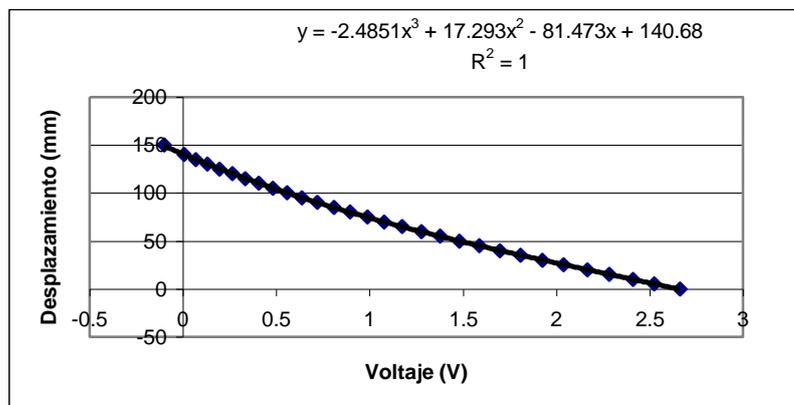


Figura 6-11 Curva de calibración Sensor de Desplazamiento (Zwick).

La curva de calibración y los datos Desplazamiento vs. Voltaje para la máquina Trebel se muestran a continuación:

Tabla 6-4 Desplazamiento – Voltaje Sensor de Desplazamiento

DESPLAZAMIENTO (mm.)	VOLTAJE (V)
0	2.6929
5	2.5684
10	2.4365
15	2.3047
20	2.1753
25	2.0483
30	1.9312
35	1.8091
40	1.6846
45	1.5723
50	1.4624
55	1.3525
60	1.2451
65	1.1426
70	1.0425
75	0.9473
80	0.8472
85	0.7544
90	0.6592
95	0.5762
100	0.4907
105	0.4175
110	0.332
115	0.2563
120	0.1831
125	0.1147
130	0.0513
135	-0.0122
140	-0.0781
145	-0.1294
150	-0.188

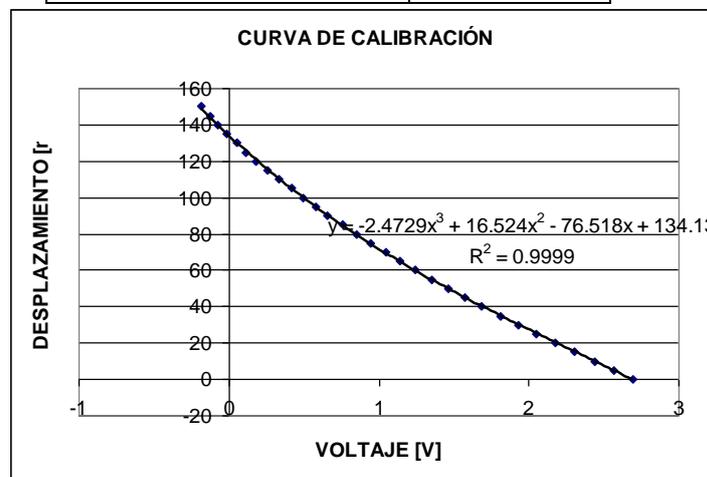


Figura 6-12 Curva de calibración Sensor de Desplazamiento (Trebel).

La diferencia en las ecuaciones de trabajo de los dos sensores, es debido a la diferencia de distancia de conexión que tienen, y por tanto diferente resistencia en los cables que hacen que las medidas cambien muy poco y el comportamiento sea diferente.

6.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.4.1. MÁQUINA TREBEL UPM 120KN

Luego de la calibración de la señal, el siguiente paso fue la verificación y certificación de la máquina por el INEN. Lo que realizaron los técnicos fue el barrido de toda la escala de 20000 N. a 110000 N por medio del anillo de verificación, e iban comparando la medición de ellos con el nuevo sistema de medición realizado en el proyecto. Los resultados que se obtuvieron fueron satisfactorios, ya que en dos pasadas de verificación, el ERROR máximo entre las medidas fue de 0.4%, como se ve en la siguiente tabla, y que esta muy por debajo del 1% que requiere el INEN para emitir un certificado.

Tabla 6-5 Datos de Calibración con el INEN.

Medida dada por el anillo (N)	Medida dada por el anillo + peso del anillo (N)	Medida 1 (N)	Medida 2 (N)	Promedio (N)	Error %
20040	20172.4	20165	19996	20080.5	0.456
40070	40202.4	40246	40076	40161	0.103
60090	60222.4	60241	60241	60241	-0.031
80090	80222.4	80406	80067	80236.5	-0.018
100070	100202.4	100232	100148	100190	0.012
110060	110192.4	110315	110230	110272.5	-0.073

Por tanto esta máquina quedó calibrada, y se emitió el certificado de calibración (ANEXO 16), y se colocó el sello en la máquina.



Figura 6-13 Sello de calibración INEN.

Se realizaron varias pruebas con distintos tipos de alambres, para verificar la Fuerza y las graficas Fuerza vs. Desplazamiento que se obtienen, teniendo resultados muy satisfactorios, que se muestran a continuación:

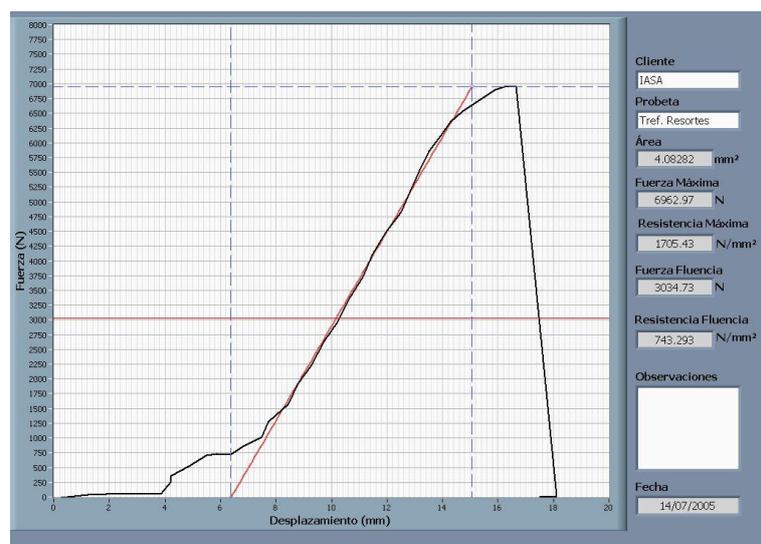
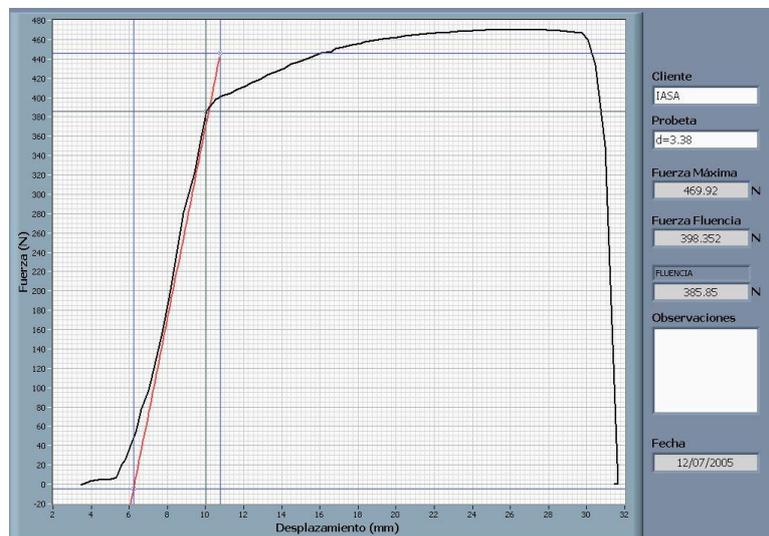


Figura 6-14 Gráficas fuerza – desplazamiento Máquina Trebel.

Como se ve en las figuras, la señal es continua y no existen gradas, dándole al gráfico una resolución importante. Se puede observar también, en el momento que existen resbales en mordazas o el cabezal no sube, los sensores detectan inmediatamente el fenómeno y lo muestran. En parte derecha de la pantalla se indica la fuerza y la resistencia máxima registrada en el ensayo calculadas automáticamente por la máquina. En la tabla 6.6 se muestra una comparación entre los datos del INEN, el medidor original de la máquina y el nuevo sistema de medición.

Tabla 6-6 Comparación INEN, Sistema anterior de medición, Sistema nuevo de medición.

Carga INEN (N)	Sistema de medición anterior (N)	Error %	Sistema de medición actualizado (N)	Promedio (N)
20172.4	20900	-3.61	20165	0.04
40202.4	41400	-2.98	40246	-0.11
60222.4	61800	-2.62	60240	-0.03
80222.4	82200	-2.47	80406	-0.23
100202.4	102200	-1.99	100232	-0.03
110192.4	112000	-1.64	110315	-0.11

6.4.2. MÁQUINA ZWICK 1141

Los resultados obtenidos son muy buenos, debido a que las mediciones de fuerza fueron comparadas con otro sistema utilizado para balanzas (Pecitrol), lo que nos asegura que los valores que emite el nuevo sistema de medición son correctos. La certificación se realizó por medio de la misma empresa antes mencionada, la cual envió una celda de carga para ser calibrada con pesos muertos en el INEN, para que luego sea montada y utilizada como patrón en la máquina del proyecto.

Se obtuvieron gráficas y valores de fuerza con errores menores al 1% que es lo que exige el INEN.

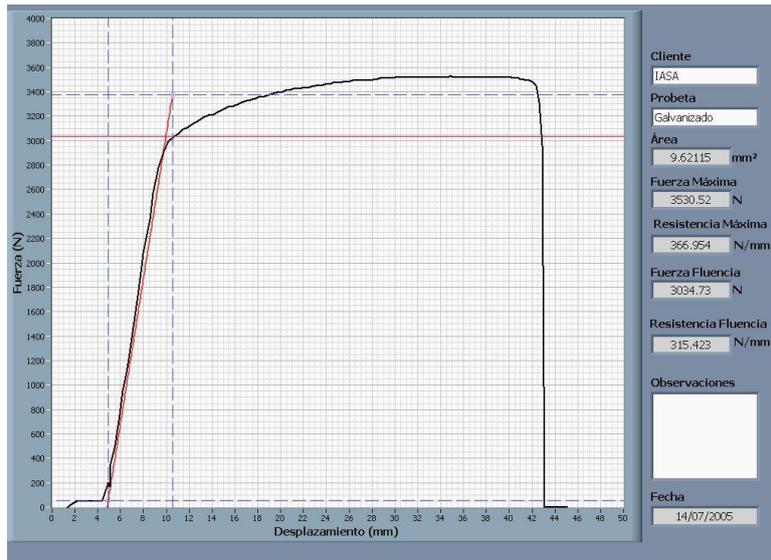


Figura 6-15 Gráficas finales Fuerza – Desplazamiento, máquina Zwick.

Como se ve en el gráfico, la señal es continua y sin gradas, y muestra como se comporta el material en la realidad. Se puede observar también que dentro de los cuadros de la derecha se encuentran los valores de fuerza y resistencia que son de importancia para la verificación del usuario final.

CAPÍTULO 7:

7. ANÁLISIS ECONÓMICO - FINANCIERO.

7.1. ANÁLISIS ECONÓMICO.

7.1.1. COSTOS

7.1.1.1. Ingeniería y administración

Tabla 7-1 Personal.

#	Posición	[h]	[USD/h]	Total
1	Jefe de Laboratorio	36	20	720
1	Ayudante de Laboratorio	60	5	300
TOTAL 1.1				1020

Tabla 7-2 Misceláneos.

Descripción	[USD]	
Suministros de Oficina	200	
Transportación	250	
Manutención	600	
Servicios básicos	100	
TOTAL 1.2	1150	
TOTAL 1.1 + TOTAL 1.2 = TOTAL 1		2170

7.1.1.2. Costos directos.

Tabla 7-3 Honorarios a profesionales.

#	Posición	[h]	[USD/h]	Total
1	Director de Tesis	30	20	600
1	Codirector de Tesis	30	20	600
TOTAL 2.1				1200

Tabla 7-4 Remuneración a Estudiantes.

#	Posición	[h /estudiante]	[USD/h]	Total
2	Estudiantes	480	2	1920
TOTAL 2.2				1920

Tabla 7-5 Adquisición de materiales y equipos.

Máquina TREBEL UPM 120 KN			
Cant	Descripción	USD/unidad	TOTAL (USD)
1	Transductor de Presión WIKA tipo S -10 (0-5000 psi) salida 4 a 20 mA	450	450
1	Transductor de desplazamiento Honeywel LongFellow II LF2S14N5KB6A (0 – 355mm) Salida 0 - 5000 Ohms	850	850
1	Módulo 5B32 Entrada de 4 -20 mA Salida 0 a +5V (para transductor de presión)	200	200
1	Módulo 5B36 Entrada para potenciómetros , Entrada 0 to 10k Ohms , Salida 0 to +5V (para transductor de desplazamiento)	270	270
0.5	metros de varilla de acero rectificada de 10 mm	10	10

Máquina ZWICK 1141			
Cant	Descripción	USD/unidad	TOTAL (USD)
1	Celda de carga tipo S Reveré Transducers Capacidad 5K	400	400
1	Transductor de desplazamiento Honeywel LongFellow II LF2S14N5KB6A (0 – 355mm) Salida 0 - 5000 Ohms	850	850
1	Módulo 5B38 Entrada para Strain Gauge, Puente Completo, 300 Ohms a 10k Ohms, sensibilidad 2 mV/V, salida +/- 5 V (para celda de carga)	240	240
1	Módulo 5B36 Entrada para potenciómetros , Entrada 0 to 10k Ohms , Salida 0 to +5V (para transductor de desplazamiento)	270	270
De utilidad para ambas máquinas			
Cant	Descripción	USD/unidad	TOTAL (USD)
1	Soporte para módulos Serie 5B Series 8- Canales. sin cable.	342	342
1	Adaptador 68F-50M MIO para el cable , 68-pin hembra a 50-pin macho para uso con dispositivos de la serie E	48	48
1	Cable NB9 (26 pin hembra a 50 pines hembra)	144	144
1	Fuente serie 5B/6B, +5 VDC, 1 A, 115 VAC source	240	240
1	Fuentes (transformadores) de 30 VDC marca Radio Shack (para transductores de desplazamiento y presión)	35	35
1	Paquete LabView Básico para Windows 2000/NT/XP (en Inglés). Soporte para GPIB, DAQ, and Base Analysis.	1314	1314
1	Tarjeta NI PCI-6024E multifuncional y NI-DAQ para Win 2000/NT/Me/9x and Mac OS	762	762
1	Computadora 512 MB RAM 10 GB HD	700	700

Cant	Descripción	USD/unidad	TOTAL (USD)
2	Conectores	80	160
20	Metros de alambre apantallado	2	40
2	Metros de alambre sucre 3x18	2	4
1	Caja de revisión para poner como protección del equipo	11	11
1	Enchufe blindado	2.5	2.5
20	Terminales	0.1	2
1	Pintura en Spray	2.5	2.5
5	Mariposas	0.4	2
4	Tornillos y tacos	0.1	0.4
2	m de pletina 120 x 5 mm	10	20
2	metro de pletina de 24 x 4 mm	8	8
0.5	metros de eje de acero bonificado 705	30	30
TOTAL 2.3			7407.4

Tabla 7-6 Otros costos Directos.

Descripción	[USD]
Costos de instalación de sensor de presión	100
Costos de instalación de sensores de desplazamiento	100
Costos de instalación de celda de carga	50
Ensayos y pruebas en otros laboratorios	150
Calibración de máquinas	600
TOTAL 2.4	1000
TOTAL 2.1 + TOTAL 2.2 + TOTAL 2.3 + TOTAL 2.4 = TOTAL 2	11527.4

7.1.1.3. Total General.

Tabla 7-7 Total General.

TOTAL 1 + TOTAL 2	13697.40 USD
--------------------------	---------------------

7.1.2. CÁLCULO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO Y DEL VALOR ACTUAL NETO.

Para evaluar la rentabilidad del proyecto se realizó el cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN). Para encontrar los ingresos que tiene la empresa por las máquinas, se observó que la empresa realiza un promedio de 20 ensayos diarios en ambas máquinas y 2 ensayos por semana con gráfico. Además cada existen ciertos ensayos que necesitan certificación del INEN, los cuales al estar las máquinas calibradas por dicha institución pueden ser realizados en la empresa directamente con supervisión de un técnico del INEN estos son alrededor de unos 20 ensayos al mes.

Basándose en ensayos hechos en otros laboratorios, un ensayo sin gráfico tiene un costo promedio de 2 dólares, mientras que un ensayo con gráfica esta por los 6 dólares. Un ensayo en el INEN o en otro laboratorio certificado está alrededor de los 6 dólares.

Entonces los ingresos que se tiene por las máquinas al año son de:

$$20 \left[\frac{\text{ensayos}}{\text{día}} \right] \times 2 \left[\frac{\text{dólares}}{\text{ensayo}} \right] \times 365 \left[\frac{\text{días}}{\text{año}} \right] = 14600 \left[\frac{\text{dólares}}{\text{año}} \right]$$

$$2 \left[\frac{\text{ensayo}}{\text{semana}} \right] \times 48 \left[\frac{\text{semanas}}{\text{año}} \right] \times 6 \left[\frac{\text{dólares}}{\text{ensayo}} \right] = 576 \left[\frac{\text{dólares}}{\text{año}} \right] \quad \text{Ecuación 7-1}$$

$$20 \left[\frac{\text{ensayos}}{\text{mes}} \right] \times 12 \left[\frac{\text{meses}}{\text{año}} \right] \times 6 \left[\frac{\text{dólares}}{\text{ensayo}} \right] = 1440 \left[\frac{\text{dólares}}{\text{año}} \right]$$

Los ingresos en total suman 16616 dólares, sin embargo para fines de la empresa gran parte de estos ensayos, sobre todo los que son sin gráfico, podían tranquilamente seguirse haciendo con la precisión que se tenía antes de la actualización de las máquinas. Es por ello que de este ingreso total se toma un 30 % como el ahorro que se tiene por la actualización: 4984 dólares.

Los valores del ingreso por año y el costo final del proyecto, se proyectaron a diez años con una tasa de crecimiento anual del 3% debido al crecimiento de la empresa y al aumento de la exigencia de los clientes de tener pruebas de calidad de los productos. Estos diez años es el tiempo en el cual se considera que la máquina se depreciará en su totalidad de manera lineal. El valor de la máquina en libros antes del proyecto era cero pues tienen más de 20 años de servicio.

$$\text{Depreciación}_{\text{anual}} = \frac{13697.40[\text{dólares}]}{10[\text{años}]} = 1370 \left[\frac{\text{dólares}}{\text{año}} \right] \quad \text{Ecuación 7-2}$$

Tabla 7-8 Flujo Neto de Caja por años.

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rubros											
Ingresos											
Ensayos realizados		4984	5134	5288	5446	5610	5778	5951	6130	6314	6503
Egresos											
Energía		500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Mantenimiento		0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Calibración		600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Utilidad Neta		3884	3934	4088	4246	4410	4578	4751	4930	5114	5303
Inversión	13697	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
+ Depreciación		1370	1370	1370	1370	1370	1370	1370	1370	1370	1370
Flujo Neto	13697	5254	5304	5458	5616	5780	5948	6121	6300	6484	6673

Para calcular el VAN se utiliza la siguiente fórmula:

$$VAN = -Inversión + \frac{FNC1}{(1+i)^1} + \frac{FNC2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNC}{(1+i)^n} \quad \text{Ecuación 7-3}$$

Donde:

FNC = Flujo neto de caja anual.

I = Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR).

Donde el TMAR más utilizado actualmente para la industria es 24%, pues toma en cuenta la tasa activa que esta por los 16% y un riesgo considerable de 8%.

Tabla 7-9 VAN y TIR

Años	Flujo neto	24%	36,87%
0	-13697.4	-13697	-13697
1	5254.00	4237.1	3838.6
2	5303.52	3449.2	2830.94
3	5457.5256	2862.4	2128.36
4	5616.151368	2375.5	1600.19
5	5779.535909	1971.4	1203.12
6	5947.821986	1636.2	904.6
7	6121.156646	1357.9	680.166
8	6299.691345	1127.1	511.427
9	6483.582086	935.45	384.559
10	6672.989548	776.43	289.169
Van		5319.42	0.00

El VAN a un TMAR de 24% es de 5319.42, y la inversión se recupera al año, el TIR es de 36.87 % mayor que el 24% planteado como tasa mínima aceptable; de acuerdo a esto el proyecto es económicamente rentable.

7.2. ANÁLISIS FINANCIERO.

Si trasladamos todos los ingresos y egresos de cada año a presente, podemos hacer el análisis de Beneficio -Costo

Tabla 7-10 Ingresos y egresos a presente.

Años	Ingresos	Egresos	Flujo Neto	Ingresos en Val. Actual	Egresos en Val. Actual
0	0	13697.4	13697.4	0	13697.4
1	4984	1100	3884	4019.354839	887.0967742
2	5133.5	1200	3934	3338.657648	780.4370447
3	5287.5	1200	4088	2773.239821	629.3847135
4	5446.2	1200	4246	2303.578238	507.5683173
5	5609.5	1200	4410	1913.456117	409.3292882
6	5778	1200	4578	1589.403065	330.1042647
7	5951	1200	4751	1320.229965	266.2131167
8	6130	1200	4930	1096.642633	214.6879973
9	6314	1200	5114	910.9208964	173.1354817
10	6503	1200	5303	756.6520349	139.6253885
TOTALES				2002.213526	1639.543853

$$B/C = 1.221201569$$

El Beneficio – Costo es de 1.22, por tanto al ser este mayor que uno quiere decir que existen mayores ingresos que egresos.

Otra forma de hacer el análisis económico es comparando el costo de la actualización con el costo de comprar la maquinaria nueva. Según las proformas que están en el anexo 17, una máquina de 10 KN está valuada en 27380 dólares y una grande de 100 KN por 50770 dólares.

En total para comprar las dos máquinas era necesario 78150 dólares en lugar de los 13697 dólares gastados, con un beneficio de 5.7 veces.

CAPÍTULO 8:

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

8.1. CONCLUSIONES

1. Habiendo realizado un estudio de la situación de la máquina, se pudo comprobar que las dos trabajaban con un error aproximado de 6.5%, lo cual implicaba que la empresa Ideal Alambrec no pueda certificar sus productos.
2. Después de un estudio de selección de los sistemas electrónicos para la actualización de las máquinas, se optó por colocar un sistema basado en una tarjeta PCI para la Adquisición de Datos y módulos 5B de la National Instruments como sistema de acondicionamiento. Los principales parámetros para su selección se encuentran detallados en el capítulo 3.
3. Se diseñó y comprobó que todas las piezas de acople de los sensores no fallen durante los ensayos. Para esto se realizó todos los cálculos tomando en cuenta la carga máxima que soportan ambas máquinas.
4. Se realizó un programa en LabView de presentación y procesamiento de las señales en el computador, basado totalmente en los requerimientos del usuario, con la finalidad de que este sea de fácil manejo y minimice el trabajo que lleva realizar cálculos en un ensayo de tracción.
5. Se realizó una pantalla donde se presenta el diagrama Fuerza – Desplazamiento, obteniendo gráficas con señal continua, presentando valores de fuerza máxima, resistencia, etc., y permitiendo al usuario el manejo de opciones típicas del entorno Windows.
6. Después de la calibración de las señales y puesta a punto del sistema se pudo verificar, que el hardware y software elegidos funcionan de la mejor manera, obteniéndose resultados muy satisfactorios en lo que tiene que ver con la medición de fuerza y desplazamiento en los ensayos de tracción.

7. Por medio de la verificación y certificación que hace el INEN, se pudo comprobar que el nuevo sistema de medición tiene un error menor al 1%, lo que tiene como resultado la certificación de las dos máquinas del proyecto por el INEN y la satisfacción de la empresa Ideal Alambrec.

8.2. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio, para verificar la posibilidad del manejo del encendido y apagado de las máquinas por medio del sistema electrónico implantado en este proyecto.
2. Para tener graficas Fuerza – Deformación real de la probeta en análisis, se debe utilizar un extensómetro digital, que puede ser conectado al sistema de acondicionamiento, conociendo la salida de señal que tiene, para luego adquirir el módulo 5B correspondiente.
3. En la realización de un proyecto similar, chequear la posibilidad de uso de displays para los sensores, con la opción de enviar datos a la computadora por medio del puerto serial, lo cual puede facilitar y disminuir el tiempo de realización de un proyecto de estas características.
4. Se debe tener cuidado en la selección de los equipos por ser la parte fundamental de un proyecto de esta naturaleza, tomando en cuenta cables y aditamentos necesarios para la conexión de estos. Verificar si los proveedores de los productos tienen servicio técnico de postventa.
5. En caso de que por efecto de uso, la celda de carga y el sensor de presión pierdan su linealidad, será necesario su reemplazo, para lo cual se deben escoger sensores con las mismas características de salida.
6. Se debe revisar la parte hidráulica de la máquina Trebel UPM 120 KN puesto que esta no mantiene la carga, lo que hace pensar que el aceite tiende a regresarse.
7. Chequear el sistema eléctrico de la empresa, pues existía un voltaje de 5V entre la tierra y el neutro lo cual no es aconsejable para aparatos electrónicos y sobre todo de aparatos de precisión.

9. ANEXOS

ANEXO 1: ENSAYOS EN LA MÁQUINA ZWICK 1141

Información de las Muestras					
Número de muestra	Diámetro Nominal (mm)	Tipo de alambre	Galvanizado	Uso	Alambrón
1	2,3	Duro	-----	Resorte Colchonero	1070
2	1,47	Semiduro	Corriente	Alambre de púas	1010
3	1,52	Semiduro	Corriente	Alambre de púas	1022
4	1,45	Semiduro	Pesado	Alambre de púas	1010
5	1,52	Semiduro	Pesado	Alambre de púas	1022
6	1,24	Suave	Corriente	Amarras	1008

Datos máquina de tracción ZWICK 1141 de Ideal Alambrec S.A.						
Número de muestra	Diámetro (mm)	Carga (kg)	Carga (N)	Esfuerzo (kg/mm²)	Esfuerzo (N/mm²)	Escala (N)
1	2,31	632,65	6200	118,561	1161,897	10000
2	1,49	159,18	1560	71,701	702,671	5000
3	1,53	206,12	2020	88,053	862,916	5000
4	1,45	140,82	1380	66,976	656,361	5000
5	1,56	182,65	1790	75,055	735,536	5000
6	1,24	61,73	605	40,150	393,470	2000

Datos máquinas de tracción INEN					
Número de muestra	Diámetro (mm)	Carga (kg)	Carga (N)	Esfuerzo (kg/mm²)	Esfuerzo (N/mm²)
1	2,31	707,50	6933,5	132,587	1299,357
2	1,49	162,00	1587,6	72,970	715,103
3	1,53	210,00	2058	89,709	879,149
4	1,45	154,00	1509,2	73,246	717,812
5	1,56	207,50	2033,5	85,265	835,593
6	1,24	64,50	632,1	41,948	411,095

Datos máquinas de tracción ESPE							
Número de muestra	Diámetro (mm)	Carga (kg)	Carga (N)	Esfuerzo (kg/mm ²)	Esfuerzo (N/mm ²)	Máquina	Escala (kg)
1	2,31	706	6918,8	132,306	1296,602	Amsler RM29	1000
2	1,49	163	1597,4	73,420	719,517	Amsler RM09	200
3	1,53	197	1930,6	84,156	824,726	Amsler RM09	200
4	1,45	153	1499,4	72,771	713,151	Amsler RM09	200
5	1,58	229	2244,2	91,732	898,975	Amsler RM29	1000
6	1,24	64,5	632,1	41,948	411,095	Amsler RM09	200

Comparación Datos Ideal vs. Datos INEN						
Número de muestra	Carga Ideal Alambrec (kg)	Carga INEN (kg)	% Error	Esfuerzo Ideal Alambrec (kg/mm ²)	Esfuerzo INEN (kg/mm ²)	% Error
1	632,65	707,50	10,579	118,561	132,587	10,579
2	159,18	162,00	1,738	71,701	72,970	1,738
3	206,12	210,00	1,846	88,053	89,709	1,846
4	140,82	154,00	8,561	66,976	73,246	8,561
5	182,65	207,50	11,974	75,055	85,265	11,974
6	61,73	64,50	4,287	40,150	41,948	4,287
Error Promedio						6,498

Comparación Datos Ideal vs. Datos ESPE						
Número de muestra	Carga Ideal Alambrec (kg)	Carga ESPE (kg)	% Error	Esfuerzo Ideal Alambrec (kg/mm ²)	Esfuerzo ESPE (kg/mm ²)	% Error
1	632,65	706,00	10,389	118,561	132,306	10,389
2	159,18	163,00	2,341	71,701	73,420	2,341
3	206,12	197,00	-4,631	88,053	84,156	-4,631
4	140,82	153,00	7,963	66,976	72,771	7,963
5	182,65	229,00	20,239	75,055	91,732	18,181
6	61,73	64,50	4,287	40,150	41,948	4,287
Error Promedio						6,422

Comparación Datos ESPE vs. Datos INEN						
Número de muestra	Carga ESPE (kg)	Carga INEN (kg)	% Error	Esfuerzo ESPE (kg/mm²)	Esfuerzo INEN (kg/mm²)	% Error
1	706,00	707,50	0,212	132,306	132,587	0,212
2	163,00	162,00	-0,617	73,420	72,970	-0,617
3	197,00	210,00	6,190	84,156	89,709	6,190
4	153,00	154,00	0,649	72,771	73,246	0,649
5	229,00	207,50	-10,361	91,732	85,265	-7,585
6	64,50	64,50	0,000	41,948	41,948	0,000
Error Promedio						-0,192

**ANEXO 2: ENSAYOS EN LA MÁQUINA TREBEL UPM
120KN**

ESCALA 0 - 24 KN							
Máquina Schenck Trebel							
P(KN)	€1	€2	€3	Promedio €	Carga (kg)	Carga (N)	Error
1	6	4	5	5,00	166,66	1,63	38,81
2	9	8	7	8,00	266,66	2,62	23,52
3	12	11	10	11,00	366,66	3,60	16,57
4	15	14	13	14,00	466,66	4,58	12,59
5	18	16	16	16,67	555,66	5,45	8,24
6	21	20	19	20,00	666,66	6,54	8,22
7	24	23	22	23,00	766,66	7,51	6,83
8	27	26	25	26,00	866,66	8,49	5,81
9	30	29	29	29,33	977,66	9,58	6,06
10	33	32	32	32,33	1077,66	10,56	5,31
11	36	35	35	35,33	1158,25	11,35	3,09
12	39	38	38	38,33	1244,33	12,19	1,59
13	43	42	41	42,00	1366,66	13,39	2,94
14	45	44	44	44,33	1444,33	14,15	1,09
15	48	48	47	47,67	1555,66	15,25	1,61
16	52	51	50	51,00	1666,66	16,33	2,04
17	55	53	53	53,67	1755,66	17,21	1,19
18	58	57	56	57,00	1866,66	18,29	1,60
19	61	60	59	60,00	1950	19,11	0,58
20	65	63	63	63,67	2055,66	20,15	0,72
21	68	66	66	66,67	2155,66	21,13	0,59
22	71	69	69	69,67	2255,66	22,11	0,48
23	74	72	72	72,67	2355,66	23,09	0,37
24	77	76	75	76,00	2466,66	24,17	0,72
Error Promedio							6,27

ESCALA 0 - 60 KN								
Máquina Schenck Trebel								
P(KN)	€1	€2	€3	€4	Promedio €	Carga (kg)	Carga (N)	Error
5	14	14	14	14	14,00	466,66	4,58	-9,26
10	30	30	30	30	30,00	1000	9,81	-1,97
15	45	45	45	46	45,25	1475	14,46	-3,70
20	60	61	60	62	60,75	1968,75	19,31	-3,59
25	76	76	76	77	76,25	2475	24,27	-3,00
30	91	92	92	93	92,00	2975	29,17	-2,83
35	107	107	107	109	107,50	3483,33	34,14	-2,53
40	121	122	127	124	123,50	4016,66	39,36	-1,62
45	136	136	141	140	138,25	4508,33	44,18	-1,85
50	152	152	157	154	153,75	5025	49,25	-1,53
55	167	167	172	170	169,00	5533,33	54,23	-1,43
60	182	182	187	185	184,00	6066,66	59,45	-0,92
Error Promedio								-2,85

ESCALA 0 - 120 KN								
Máquina Schenck Trebel								
P(KN)	€1	€2	€3	€4	Promedio €	Carga (kg)	Carga (N)	Error
10	31	31	32	32	31,50	1050	10,30	2,88
20	63	62	65	65	63,75	2058,33	20,19	0,92
30	93	94	98	98	95,75	3091,66	30,32	1,05
40	124	125	130	130	127,25	4141,66	40,62	1,52
50	154	155	162	161	158,00	5166,66	50,67	1,32
60	184	185	193	193	188,75	6225	61,05	1,71
70	214	215	224	223	219,00	7250	71,05	1,48
80	244	245	255	253	249,25	8308,33	81,42	1,75
90	271	274	285	283	278,25	9304,16	91,18	1,29
100	303	304	316	314	309,25	9905	97,07	-3,02
110	333	333	346	344	339,00	10500	102,90	-6,90
120	363	363	377	374	369,25	11105	108,83	-10,26
Error Promedio								1,54674

Nota: Estos datos no entran dentro del rango de medición de la celda de carga

**ANEXO 3: CARACTERÍSTICAS MÁQUINA TREBEL UPM
120KN.**

ANEXO 4: CARACTERÍSTICAS MÁQUINA ZWICK 1141.

**ANEXO 5: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE LA CELDA
DE CARGA REVERÉ TRANSDUCER 5000 LBS.**

**ANEXO 6: INFORMACIÓN DEL TRANSDUCTOR DE
DESPLAZAMIENTO HONEYWELL.**

**ANEXO 7: INFORMACIÓN DEL TRANSDUCTOR DE
PRESIÓN WIKA.**

**ANEXO 8: INFORMACIÓN DE LA PLATAFORMA DE
ACONDICIONAMIENTO 5B.**

**ANEXO 9: INFORMACIÓN DE LA FUENTE DE PODER DE
ANALOG DEVICES.**

**ANEXO 10: INFORMACIÓN DE LA TARJETA DE
ADQUISICIÓN DE DATOS.**

**ANEXO 11: PLANOS ACCESORIOS MECÁNICOS MÁQUINA
ZWICK 1141 (CELDA DE CARGA).**

**ANEXO 12: PLANOS ACCESORIOS MECÁNICOS MÁQUINA
ZWICK 1141 (TRANSDUCTOR DE POSICIÓN).**

**ANEXO 13: PLANOS ACCESORIOS MECÁNICOS MÁQUINA
TREBEL UPM 120 KN (TRANSDUCTOR DE PRESIÓN).**

**ANEXO 14: PLANOS ACCESORIOS MECÁNICOS MÁQUINA
TREBEL UPM 120 KN (TRANSDUCTOR DE POSICIÓN).**

ANEXO 15: ACERO

ANEXO 16: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

**ANEXO 17: PROFORMAS DE MÁQUINAS DE TRACCIÓN
NUEVAS.**

ANEXO 18: CERTIFICADO DE CONFORMIDAD