

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**INSTALACIÓN, PUESTA A PUNTO Y ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CERTIFICACIÓN DE ENSAYOS DE TRACCIÓN EN VARILLAS DE LA MÁQUINA UNIVERSAL SHIMADZU UHI600KN PARA NOVACERO S.A. DE ACUERDO A LA NORMA NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**SEBASTIÁN FERNANDO REYES VILLALVA**

**ESTEBAN DAVID MIÑO VERDESOTO**

**DIRECTOR: ING JOSÉ PÉREZ**

**CODIRECTOR: ING EMILIO TUMIPAMBA**

Sangolquí, 2007-04-30

## **CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

**El proyecto “INSTALACIÓN, PUESTA A PUNTO Y ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CERTIFICACIÓN DE ENSAYOS DE TRACCIÓN EN VARILLAS DE LA MÁQUINA UNIVERSAL SHIMADZU UHI600KN PARA NOVACERO S.A. DE ACUERDO A LA NORMA ISO NTE 17025:2006.” fue realizado en su totalidad por Sebastián Fernando Reyes Villalva y Esteban David Miño Verdesoto, como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.**

---

**Ing. José Pérez**

**DIRECTOR**

---

**Ing. Emilio Tumipamba**

**CODIRECTOR**

**Sangolquí, 2007-04-30**

## **LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO**

**“INSTALACIÓN, PUESTA A PUNTO Y ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS PARA LA CERTIFICACIÓN DE ENSAYOS DE TRACCIÓN EN VARILLAS DE LA MÁQUINA UNIVERSAL SHIMADZU UHI600KN PARA NOVACERO S.A. DE ACUERDO A LA NORMA ISO NTE 17025:2006.”**

**ELABORADO POR:**

---

**Sebastián Reyes V.**

---

**Esteban Miño V.**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

---

**EL COORDINADOR**

**Sangolquí, 2007-04-30**

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres por apoyarnos siempre en todos los momentos, especialmente en los más difíciles durante la nuestra carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

- Al ingeniero Guillermo Miño por su buena predisposición para dejarnos crecer como profesionales
- A la empresa Novacero S.A por permitirnos la realización del presente proyecto en sus instalaciones y a sus trabajadores por facilitarnos la elaboración del mismo.
- A nuestros directores del proyecto que nos guiaron en las dudas que aparecieron en el camino.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO.....	ii
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE DE CONTENIDOS.....	vi
RESUMEN.....	xxi
CAPÍTULO 1	
Generalidades	
1.1 Introducción.....	1
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Justificación e importancia.....	9
1.4 Objetivos.....	9
1.5 Alcance.....	10
CAPÍTULO 2	
Instalación de la máquina de ensayos de tracción Shimadzu UHI 600 KN	
2.1 Distribución Layout.....	11
2.2 Cimentación.....	14
2.3 Montaje.....	26
2.4 Instalación.....	30
CAPÍTULO 3	
Puesta apunto de la máquina	
3.1 Pruebas de funcionamiento.....	46
3.2 Calibración.....	59

3.3 Capacitación.....	73
CAPÍTULO 4	
Procedimientos para la certificación	
4.1 Manual de procedimientos (Manual de Calidad).....	76
4.2 Manual de registros.....	77
4.3 Manual de instructivos.....	78
4.4 Manual de métodos.....	78
4.4 Auditoría interna.....	79
Anexo W (manual de calidad).....	84
Anexo X (manual de registros).....	85
Anexo Y (manual de instructivos).....	86
Anexo Z (manual de métodos).....	87
CAPÍTULO 5	
Análisis económico y financiero	
5.1 Análisis económico.....	88
5.2 Análisis financiero.....	94
CAPÍTULO 6	
Conclusiones y recomendaciones	
6.1 Conclusiones.....	96
6.2 Recomendaciones.....	97
Bibliografía.....	99
Anexos.....	101

## TABLAS

1.1 Costos de ensayos en instituciones nacionales.....	5
2.1 Datos técnicos Sikadur.....	26
2.2 Requerimientos eléctricos.....	31
2.3 Requerimientos para el computador personal.....	31
3.1 Parámetros variables para métodos de ensayos para varilla corrugada...	49
3.2 Parámetros fijos para realización de métodos.....	50
3.3 Parámetros de realización de métodos según el producto.....	51
3.4 Resultados comparativos de ensayos de varias instituciones.....	55
3.5 Datos de celda de carga 500/100 kN Concrelab.....	59
3.6 Datos técnicos celda de carga 500 kN Concrelab.....	63
3.7 Datos de voltaje de celda de carga 500 kN Concrelab.....	64
3.8 Carta de calibración de celda de carga 500 kN Concrelab.....	65
3.9 Datos de voltaje de celda de carga 100 kN Concrelab.....	66
3.10 Carta de calibración de celda de carga 100 kN Concrelab.....	66
3.11 Equivalencia en kN de resultados de medición en la escala de 500 kN...	67
3.12 Errores de exactitud y repetibilidad, en la escala 600kN.....	68
3.13 Equivalencia en kN de resultados de medición en la escala de 100 kN...	70
3.14 Errores de exactitud y repetibilidad, en la escala 100kN.....	71
4.1 Unidades del modelo de un registro.....	77
4.2 Parámetros obligatorios de un registro.....	78
5.1 Costos indirectos, rubro del personal.....	88
5.2 Costos indirectos, misceláneos.....	88
5.3 Honorarios a Profesionales.....	89
5.4 Remuneración a no profesionales.....	89
5.5 Otros Costo Directos.....	89

5.6 Remuneraciones a Estudiantes.....	90
5.7 Costo total del proyecto.....	90
5.8 Costo promedio de la varilla de prueba.....	91
5.9 Costo promedio del ensayo en otros laboratorios.....	93
5.10 Financiamiento del proyecto.....	94
5.11 Entidades de financiamiento.....	94
5.12 Cronograma de desembolsos.....	95

## **CUADROS**

1.1 Marco institucional Novacero SA.....	8
--	---

## **FIGURAS**

1.1 Máquina de ensayos de tracción actual de la empresa.....	4
1.2 Tablero de control y central hidráulica de la máquina actual.....	4
1.3 Carta de control de un lote actual.....	7
1.4 Archiveros que contienen las cartas de control del control de calidad anteriores.....	7
2.1 Layout del laboratorio de control de calidad de Novacero SA planta Lasso.....	12
2.2 Layout 2del laboratorio de control de calidad de Novacero SA planta Lasso.....	13
2.3 Cono de Abrams para prueba de asentamiento del concreto.....	15
2.4 Probetas para el ensayo de compresión para el concreto.....	17
2.5 Terrómetro Megger de cuatro terminales.....	18
2.6 Resistencia eléctrica del suelo.....	21
2.7 Distribución de agujeros de cimentación de la máquina de ensayos.....	23

2.8 Cimentación de la unidad de control.....	24
2.9 Sikadur en la cimentación.....	25
2.10 Traslado de la máquina desde el trailer.....	27
2.11 Traslado de la unidad de carga.....	27
2.12 Unidad de control.....	29
2.13 Instalación de la unidad de carga.....	32
2.14 Nivelación de la unidad de carga.....	33
2.15 Unidad hidráulica de la máquina de ensayos.....	34
2.16 Celda de carga.....	35
2.17 Instalación y conexión de cables.....	36
2.18 Instalación inicial de la unidad de carga.....	37
2.19 Llenado del aceite de la unidad hidráulica.....	38
2.20 Sangrado del aceite de la unidad hidráulica.....	38
2.21 Instalación de la unidad de carga.....	39
2.22 Elevación gradual del pistón.....	40
2.23 Ajuste de pernos de sujeción.....	41
2.24 Fines de carrera.....	42
2.25 Poleas del sensor de desplazamiento.....	42
2.26 Nivelación de la unidad de carga.....	44
2.27 Montaje cobertores.....	45
3.1 Carga de la máquina hasta el 90%.....	46
3.2 Ensayo de tracción de prueba en varilla de 32 mm de diámetro.....	47
3.3 Ensayo de compresión de prueba en adoquín.....	48
3.4 Variación de resultados de ensayos con otros laboratorios, resistencia a la tracción.....	57
3.5 Variación de resultados de ensayos con otros laboratorios,	

resistencia a la fluencia.....	58
3.6 Celda de carga de 500 kN Concrelab.....	60
3.7 Medidor digital de deformación Concrelab.....	62
3.8 Modo de transformación de mV a kN para la escala de 600 kN.....	67
3.9 Errores de exactitud y repetibilidad, escala 600Kn.....	69
3.10 Modo de transformación de mV a kN para la escala de 100 kN.....	70
3.11 Errores de exactitud y repetibilidad, escala 100kN.....	71
3.12 Linealidad de la máquina.....	72
4.1 Resumen del proceso de auditoría.....	80

## NOMENCLATURA

R = Resistencia a tierra

V = Voltaje leído entre los electrodos.

I = Corriente de prueba inyectada por el instrumento.

mm = milímetros

kg/cm<sup>2</sup> = kilogramo por centímetro cuadrado (unidad de resistencia y esfuerzo)

Ω = Ohmios (Unidad de resistencia eléctrica)

%e = Error relativo

Re/mINEN = Resistencia, ya sea de fluencia (e) o máxima (m) obtenidas por el INEN

Re/mPUCE/NOVACERO = Resistencia de fluencia o máxima de los laboratorios de Novacero o la Puce, según sea el caso.

RP = Error por reproducibilidad

PromedioNOVACERO/PUCE = Promedio de errores de los laboratorios de Novacero o la PUCE, según sea el caso

Patrón = Error del INEN. Nótese que, al considerarse el INEN como patrón, el valor de error siempre será cero.

R1 = Repetibilidad

%R = Error relativo de repetibilidad

LMAX = Lectura obtenida con el valor máximo

LMIN = Lectura obtenida con el valor mínimo

Lraya = Promedio de las tres lecturas.

%e = Porcentaje de error de exactitud

LNOM = Lectura de la máquina

Lraya = Promedio de las lecturas.

L = largo del área a iluminar

A = ancho del área a iluminar

H = altura del área a iluminar

h = altura de las luminarias

h' = altura de trabajo

S = superficie a iluminar

## ECUACIONES

2.1 Ley de Ohm.....	19
2.2 Resistividad del suelo.....	19
2.3 Resistividad del suelo con n electrodos.....	20
3.1 Cálculo del error relativo.....	56
3.2 Cálculo de la reproducibilidad.....	56
3.3 Cálculo de la repetibilidad.....	68
3.4 Cálculo de la exactitud.....	68
3.5 Ecuación de la curva patrón de calibración.....	72
3.6 Ecuación de la curva generada por la máquina.....	72
3.7 Cálculo del error de la curva generada con la máquina y la curva patrón.....	72

## ANEXOS

### Manual de Procedimientos

1 Manual de calidad.....	84
--------------------------	----

### Manual de Registros

1 F-MTCC 09.01 Programa anual de mantenimiento.....	85A
---	-----

2 F-MTCC 05.03 Programa anual de calibraciones.....	85B
3 F-MTCC 05.04 Programa anual de compra de suministros.....	85C
4 F-MTCC 05.05 Hoja de vida de la maquina.....	85D
5 F-MTCC 05.06 Recepción de ítems de ensayo.....	85E
6 F-MTCC 10.01 Informe de ensayo de tracción.....	85F
7 F-MTCC 10.02 Reporte de propiedades mecánicas de producto terminado.....	85G
8 F-ME 02 Listado de dispositivos de medición y patrones de calibración.....	85H
9 F-ME 03 Hoja de vida de dispositivos de medición.....	85I
10 F-ME 05 Plan anual de capacitación.....	85J
11 F-EPL 12 Evaluación de proveedores de ensayo.....	85K
12 F-EPL 13 Evaluación de proveedores de dispositivos de medición.....	85L
13 F-EPL 14 Listado de proveedores de dispositivos de medición.....	85M
14 F -AU 02 Listado de auditores internos calificados.....	85N
15 F -AU 03 Plan de auditorias.....	85O
16 F -AU 05 Asistentes de reunión de cierre.....	85P
17 F -AU 06 Informe de auditoría interna.....	85Q
18 F -AC 01 Solicitud de acción correctiva (SAC).....	85R
19 F -AC 02 Solicitud de acción preventiva o de mejora (SAPM).....	85T
20 F-AC 03 Base de control de acciones correctivas, preventivas o de mejora.....	85U
21 F-SC.01 Hoja de servicio al cliente.....	85V

## **Manual de Instructivos**

1 Montaje de mordazas y alineadores.....	85A
2 Uso de extensómetros.....	85B
3 Operaciones básicas máquina de ensayos.....	85C

## **Manual de Métodos**

1 Ensayo de tracción.....	86A
2 Realización de métodos y ensayos.....	86B
3 Mantenimiento máquina de ensayos.....	86C
4 Reporte de ensayo de tracción.....	86D
5 Ensayo de tracción manual.....	86E

## **Anexos**

B Memoria de cálculo de iluminarias.....	106
C Guía de funciones.....	109
D Cálculo de cimentación.....	127
E Norma NTE INEN-ISO/IEC y ASTM 8M 00.....	132
F Certificados de Calibración.....	185
G Certificados de los patrones de Concrelab.....	192
H Auditoría Interna.....	222
I Ensayos comparativos.....	245

## **Planos**

A1 PLCC- 01 Layout del laboratorio de control de calidad.....	101
A2 PLCC- 02 Layout del laboratorio de control de calidad acotado.....	102
A3 PLCC- 03 Vista lateral del laboratorio de control de calidad.....	103
A4 PLCC-04 Cimentación de la máquina de ensayos 1.....	104

## **Figuras del anexo W**

1 Estructura del SGI de Novacero S.A.....	2
2 Organigrama del laboratorio.....	3
3 Layout laboratorio de ensayos de tracción.....	12

## **Tablas de los anexos Y**

### **Montaje mordazas**

1 Alineador versus diámetro de la probeta.....	2
2 Muelas versus diámetro de la probeta.....	2

### **Extensómetros**

Características técnicas del extensómetro.....	2
--	---

## **Figuras de los anexos Y**

### **Montaje mordazas**

1 Mordazas de la cruceta superior de la máquina de ensayos Shimadzu UH600KN.....	1
2 Dirección de las muelas.....	3
3 Manera correcta de colocar las muelas en las mordazas.....	3
4 Manera correcta de colocar la probeta.....	4
5 Maneras incorrectas de colocar la probeta.....	4

### **Extensómetros**

1 Extensómetro.....	1
2 Calibrador extensómetro.....	3

### **Operaciones básicas de la máquina de ensayos**

1 Unidad de carga de la máquina de ensayos Shimadzu UH600KN.....	1
2 Unidad de control máquina de ensayos Shimadzu UH600KN.....	2
3 Perilla de la unidad de control de la máquina de ensayos Shimadzu UH600KN.....	4
4 Teclado de la unidad de control de la máquina Shimadzu UH600KN.....	5
5 Montaje platos de compresión.....	6

## **Tablas de los anexos Z**

### **Realización de métodos y ensayos**

1 Opciones del menú de archivo del administrador.....	5
2 Opciones del menú de edición del administrador.....	6
3 Opciones del menú de ver del administrador.....	6
4 Opciones del menú de ensayo del administrador.....	7
5 Opciones del menú de herramientas del administrador.....	8
6 Opciones del menú de ventana del administrador.....	8
7 Opciones del menú de ayuda del administrador.....	8
8 Opciones del menú de archivo del usuario.....	33
9 Opciones del menú de ensayo del usuario.....	34
10 Opciones del menú de herramientas del usuario.....	35
11 Atajos de funciones de los menús.....	35

### **Mantenimiento máquina de ensayos**

1 Mantenimiento y frecuencias para la unidad hidráulica.....	9
2 Especificaciones técnicas de la unidad hidráulica.....	10

### **Reporte de ensayo de tracción**

1 Unidades del modelo del registro.....	1
2 Parámetros obligatorios de un registro.....	2

## **Figuras de los anexos Z**

### **Ensayo de tracción**

1 Disposiciones de seguridad 1.....	3
2 Disposiciones de seguridad 2.....	4
3 Disposiciones de seguridad 3.....	5

### **Realización de métodos y ensayos**

1 Diálogo de inicio del Trapezium2.....	1
2 Diálogo de ingreso de contraseña.....	2
3 Elementos mostrados en un ensayo.....	3
4 Barra de herramientas estándar administrador.....	4
5 Detección automática del tipo de máquina de ensayos.....	9
6 Introducción manual del tipo de máquina de ensayos.....	10
7 Ingreso o borrado de usuarios del programa.....	11
8 Tipo de usuarios del programa.....	12
9 Inicio de un nuevo método de trabajo.....	13
10 Diálogo de inicio de un nuevo método de trabajo.....	14
11 Diálogo del sistema de un nuevo método de trabajo.....	15
12 Redondeo del sistema de unidades utilizado en el método.....	15
13 Diálogo de sensores de un nuevo método de trabajo.....	16
14 Ingreso de extensómetros dentro del apartado de sensores.....	17
15 Diálogo de ensayo en un nuevo método de trabajo.....	18
16 Diálogo de la muestra de un nuevo método de trabajo.....	19
17 Diálogo de datos de un nuevo método de trabajo.....	20
18 Apartado de fórmulas dentro del apartado de datos procesados.....	21
19 Límites de aceptación dentro del apartado de datos procesados.....	22
20 Tópicos estadísticos que calcula el trapezium2.....	23

21	Diálogo del gráfico de un nuevo método de trabajo.....	24
22	Color de línea del gráfico de un nuevo método de trabajo.....	25
23	Diálogo del informe de un nuevo método de trabajo.....	25
24	Fuente de letra del informe de un nuevo método de trabajo.....	26
25	Ítem del encabezado del informe de un nuevo método de trabajo.....	26
26	Diálogo final de un nuevo método de trabajo.....	27
27	Resumen del nuevo método creado.....	28
28	Método listo para realizar un nuevo ensayo.....	28
29	Diálogo para guardar el informe de un nuevo ensayo.....	29
30	Directorio del informe de un nuevo ensayo.....	29
31	Diálogo de inicio de un nuevo ensayo.....	30
32	Diálogo previo al ensayo.....	31
33	Barra de herramientas estándar usuario.....	31
34	Barra de control usuario.....	32
35	Apertura del diálogo de inicio de ensayos.....	36
36	Diálogo de inicio de ensayos.....	37
37	Método a utilizarse en el nuevo ensayo.....	38
38	Diálogo de datos de la muestra a ensayarse.....	39
39	Diálogo de datos del informe obtenido después del ensayo.....	40
40	Diálogo final del nuevo ensayo.....	40
41	Encerado de la máquina antes de realizar un ensayo.....	41
42	Directorio para guardar ensayos.....	42
43	Calibración y encerado de la máquina desde el software.....	43
44	Cuadro de resultados de los ensayos.....	43
45	Gráficos de los resultados de los ensayos.....	44
46	Escala en propiedades del gráfico.....	46

47 Ajustes en propiedades del gráfico.....	46
48 Modo en propiedades del gráfico.....	47
49 Título en propiedades del gráfico.....	48
50 Color en propiedades del gráfico.....	48

**Mantenimiento de la máquina de ensayos**

1 Vista superior de la mesa.....	2
2 Nivelación cruceta inferior desde el frente.....	3
3 Nivelación cruceta inferior desde el costado.....	4
4 Lubricación de las mordazas y ejes.....	5
5 Lubricación de la guía y el tornillo sin fin.....	5
6 Lubricación de la rueda dentada o gusano.....	6
7 Partes deslizantes entre la cruceta y la mordaza.....	6
8 Unidad hidráulica.....	7
9 Filtro de aceite.....	8
10 Circuito hidráulico.....	10

## RESUMEN

El presente proyecto consiste en el seguimiento de la instalación, calibración y puesta a punto de la máquina de ensayos universales Shimadzu UHI 600 KN en el laboratorio de control de calidad de la empresa Novacero S.A. También incluye la realización de manuales de instrucciones, procedimientos, métodos y registros bajo la norma NTE ISO/INEN 17025:2005, para la obtención de la certificación de esta norma internacional. Se apuntó a la obtención de este certificado para los ensayos de tracción en las varillas corrugadas de construcción que esta empresa produce.

La instalación de la máquina de ensayos se volvió primordial para el funcionamiento de calidad de la empresa. Esto se debe a la autonomía que la empresa obtuvo al adquirir su propia máquina de ensayos y no tener que subcontratar estos servicios a otras empresas. Además las empresas que prestan este servicio no se encuentran cercanas a la planta industrial, por lo que los gastos por envíos y tiempos de espera de resultados no iban de la mano con la producción.

Se documentó todo el proceso de instalación y montaje de la máquina de ensayos. Esto incluye la realización del Layout del laboratorio, la documentación del proceso de cimentación, la instalación en sí de la máquina de ensayos y el montaje de las partes de la máquina. También se toman en cuenta las precauciones y procedimientos de seguridad con el fin de no atentar contra la integridad de la máquina como de los operadores.

Para el óptimo funcionamiento de la máquina y veracidad de los resultados arrojados por la misma es de importancia realizar todas las instalaciones de la manera que lo indica el fabricante de la máquina. Esto incluye las instalaciones eléctricas, cimentación, inducciones electro-magnéticas, preparación del espacio físico y orden de instalación y montaje de la máquina incluido su transporte hasta el laboratorio.

Para la implementación del proceso de calidad en los ensayos de tracción existen varios requerimientos. El primero es el de la calibración de la máquina. Se contrató a un laboratorio que garantiza la trazabilidad de sus patrones para de este modo asegurar la veracidad de los resultados entregados. Luego se

ingresaron parámetros de ensayos en la máquina para la mayor automatización posible de la máquina de ensayos. Estos parámetros se validaron al obtenerlos de normas internacionales como la ASTM 08M y al realizar pruebas comparativas de los resultados arrojados por varios laboratorios que realizan ensayos de tracción en el medio.

La certificación del laboratorio consiste en cumplir con lo que está estipulado en la norma NTE ISO/INEN 17025 tanto en el ámbito de gestión como en el técnico. Debido a que Novacero S.A se rige bajo un sistema de calidad ISO 9001 la creación de registros fue parcial, ya que para la obtención anterior de esta norma se crearon varios registros que se aplican también en la norma ISO 17025, que es la que rige este proyecto. Todos los registros que pide la norma ISO 17025 y que no constaban el sistema de calidad de la empresa fueron creados.

Para la certificación es importante la capacitación de los operadores de la máquina y la realización de todas las actividades que intervienen en la realización de ensayos de manera normalizada. Estas actividades y capacitación se ponen en evidencia cuando se realiza una auditoría. En este caso particular se incluye una auditoría interna previa a la certificación del laboratorio, donde se revisa que todo lo concerniente a la realización de ensayos de tracción se cumple de acuerdo a la norma técnica utilizada como base de un sistema de calidad integrado.

Todo este proceso se realiza en los meses de noviembre de 2006 hasta el mes de marzo de 2007, incluyéndose los tiempos requeridos para cada actividad que se realiza dentro del laboratorio con este fin. Todos los procesos, desde el montaje hasta la creación de registros, métodos, instructivos y procedimientos se realizan en las instalaciones de la empresa beneficiaria del proyecto, es decir en Novacero S.A., planta Lasso, ubicada en la Panamericana Norte KM. 18 ½, parroquia de Lasso, Latacunga-Cotopaxi en la serranía central de Ecuador. Esta empresa acudió a la labor de los ejecutantes del actual proyecto con el fin de obtener un sistema de calidad para sus procesos de control de calidad en lo que involucra a los ensayos de tracción de su producción en varillas corrugadas para la construcción.

# CAPÍTULO 1

## GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

La varilla de acero, como otros productos de acero, requiere someterse a un ensayo de tracción para comprobar que su resistencia a la tracción sea la adecuada según la aplicación para la que se utilizarán. En este producto, sobre todo es importante esta comprobación, ya que la aplicación más utilizada del mismo es la de la construcción de edificaciones, junto al concreto, y a estructuras metálicas. Si no se controla la resistencia de la misma puede ocasionar tragedias y grandes pérdidas.

Para conocer dicha resistencia, una muestra de la varilla corrugada, debe ser sometida a un ensayo de tracción el cual consiste en sujetar a la muestra en sus extremos y traccionarla o estirarla hasta su ruptura. Siendo conocido el valor de la fuerza aplicada y del área transversal de la muestra se puede obtener el valor de su resistencia o esfuerzo al que está sometida aplicando la relación de la fuerza sobre el área.

La máquina de ensayos universales realiza este ensayo sujetando a la muestra por sus extremos por medio de mordazas, además cuenta, por lo general, con un dispositivo mecánico o electrónico, diseñado para marcar, ya sea, la fuerza o el esfuerzo en cada momento mientras dura el ensayo.

En el Ecuador, como en otros países, se exige a los fabricantes de varillas para la construcción realicen estas pruebas para conocer la resistencia de sus productos.

La norma INEN 102 rige en la actualidad a la fabricación de varillas con resaltes de acero al carbono. Por este motivo es que se utiliza la misma, en primera instancia, y la norma INEN 109, en segunda ya que normaliza los ensayos de tracción, como punto de partida para la realización del presente proyecto. Por esta razón es necesario realizar una breve explicación de lo que tratan dichas normas, así como el proyecto en sí.

Existe un requisito en las varillas de acero al carbono con resaltes que consiste en que debe tener una resistencia a la fluencia y a la tracción mínimas, según el grado del acero. En este caso Novacero S.A, utiliza un acero de grado A42 por lo que su resistencia mínima a la fluencia debe ser de  $4200 \text{ KGf/cm}^2$ . También la norma exige que el diámetro, longitud, masa, propiedades químicas, propiedades de resistencia de la varilla y soldabilidad no estén por fuera de los límites establecidos por la misma según el caso. Pero debido a que el proyecto trata como tema principal al ensayo de tracción para producto, no se detallará mayormente la metrología de las normas.

La máquina de ensayos universales Shimadzu UHI600KN realizará ensayos de tracción para las varillas después de lotes de veinte toneladas. Debido a que la empresa a venido realizando ensayos en otras instituciones conocen de manera completa el proceso de entrega de muestras, selección de las mismas, en cantidades tanto de lotes de producción (población), y tamaños de las muestras. Con la adquisición de la máquina de ensayos se requiere, también aplicar la norma INEN 109, ya que esta rige el ensayo de tracción para acero en sí. Esta norma especifica el procedimiento a realizase para el ensayo de tracción, así como los métodos de cálculo de las resistencias respectivas, alargamientos y demás para la varilla para construcción.

## **1.2 ANTECEDENTES**

Situación actual:

La empresa Novacero S.A. es una empresa dedicada a la producción de productos de acero, entre ellos están: Perfiles estructurales laminados en caliente y conformados en frío, Varilla corrugada para construcción, Tubería Mecánica y Estructural, Cubiertas Metálicas, Placas Colaborantes, Invernadero Metálicos, Productos Viales (Alcantarillas, Guardavías, Puentes), Servicio de Galvanizado, Maquila de Productos de Acero (doblado y Corte de Planchas, fabricación).

Las plantas de producción están ubicadas en los siguientes sitios:

- Planta de Guayaquil: Está ubicada en la ciudad de Guayaquil en la Av. Raúl Clemente Huerta, Guasmo Central.
- Planta Quito: Está localizada al sur de la ciudad de Quito en la Panamericana sur KM. 14 ½ .
- Planta Lasso: Está ubicada en la Panamericana Norte KM. 18 ½, parroquia de Lasso, Latacunga-Cotopaxi .

La empresa actualmente se encuentra en una etapa de renovación de sus instalaciones y equipos. Uno de los proyectos a realizarse es la readecuación del laboratorio de control de calidad de la planta Lasso. En este laboratorio se toman medidas de longitudes, diámetros, pesos, y resistencia a la tracción de los diferentes productos para verificar que cumplan con las normas del país.

Para la varilla corrugada de acero laminada en caliente que es el producto que se produce en la planta Lasso a la cual va dirigido el proyecto estas normas son:

- INEN NTE 102, Requisitos, Inspección física, dimensiones de resaltes y masa.
- INEN NTE 109, Ensayo de tracción para acero al carbono.

Actualmente la empresa realiza aproximadamente veintidós ensayos de tracción por cada lote de producción. La máquina actual con una capacidad nominal de 60 000 libras solo puede realizar ensayos para varillas corrugadas de 8, 10 y 12 mm de diámetro. El resto de ensayos se realizan siempre en otras instituciones como la ESPE, Laboratorio del INEN, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Debido a esta situación el número de ensayos que se realizan en la empresa no son los suficientes con respecto a la producción actual de la empresa para realizar un óptimo control de calidad de los productos de la misma.



**Figura 1.1 Máquina de ensayos de tracción actual de la empresa**



**Figura 1.2 Tablero de control y central hidráulica de la maquina actual**

Para esto la empresa adquirió una maquina con capacidad para 600KN, la cual tiene la capacidad de realizar ensayos de tracción de todas las varillas (hasta 32mm de diámetro) y demás perfiles que produce. Además con una máquina a su disposición la empresa espera hacer ensayos constantemente para asegurar la calidad de todos sus lotes de producción.

**Tabla 1.1 Costos de ensayos en instituciones nacionales**

	<i>Numero de ensayos aproximados anualmente</i>	<i>Costo medio por ensayo (USD)</i>	<i>Costo Total anual (USD)</i>	<i>Tiempo de entrega por ensayo (días)</i>	<i>Días al año de entrega de ensayos (2 al mes)</i>
<i>ESPE (hasta 16mm de diámetro)</i>	1200	10	12000	2	48
<i>PUCE (hasta 22mm de diámetro)</i>	1000	15	15000	5	120
<i>INEN (diámetro mayor 22mm)</i>	250	10	2500	8	192
		TOTAL	29500	TOTAL días al año	360

A esto se le debe sumar el costo y el tiempo del transporte de las varillas a los respectivos laboratorios, que a pesar de no ser significativos junto al de los ensayos también representan un gasto innecesario para la empresa.

En el aspecto económico, la inversión que se realiza con la compra de la máquina no es recuperable en una escala humana de tiempo, pero se la adquiere para optimizar el control de calidad. Esto sucede debido a que la ubicación de la fábrica está en Lasso, Provincia del Cotopaxi, y los tiempos requeridos y costos en transporte no permiten que el control de calidad se realice a diario y por lotes. A más de esto las instituciones anteriormente nombradas requieren de un tiempo de tres a cuatro días en promedio para la entrega de resultados, lo cual retarda el proceso aún más.

La readecuación del laboratorio de Control de La Calidad se realizará bajo la Norma INEN NTE 17025: 2005, que explica todos los requerimientos que existen para montar un laboratorio de estas características y pueda ser calificado de acuerdo a la Norma INEN 1700. Para la calibración de la máquina se usará la norma INEN NTE 1503 en la cual se verifican los patrones y dispositivos utilizados para realizarla.

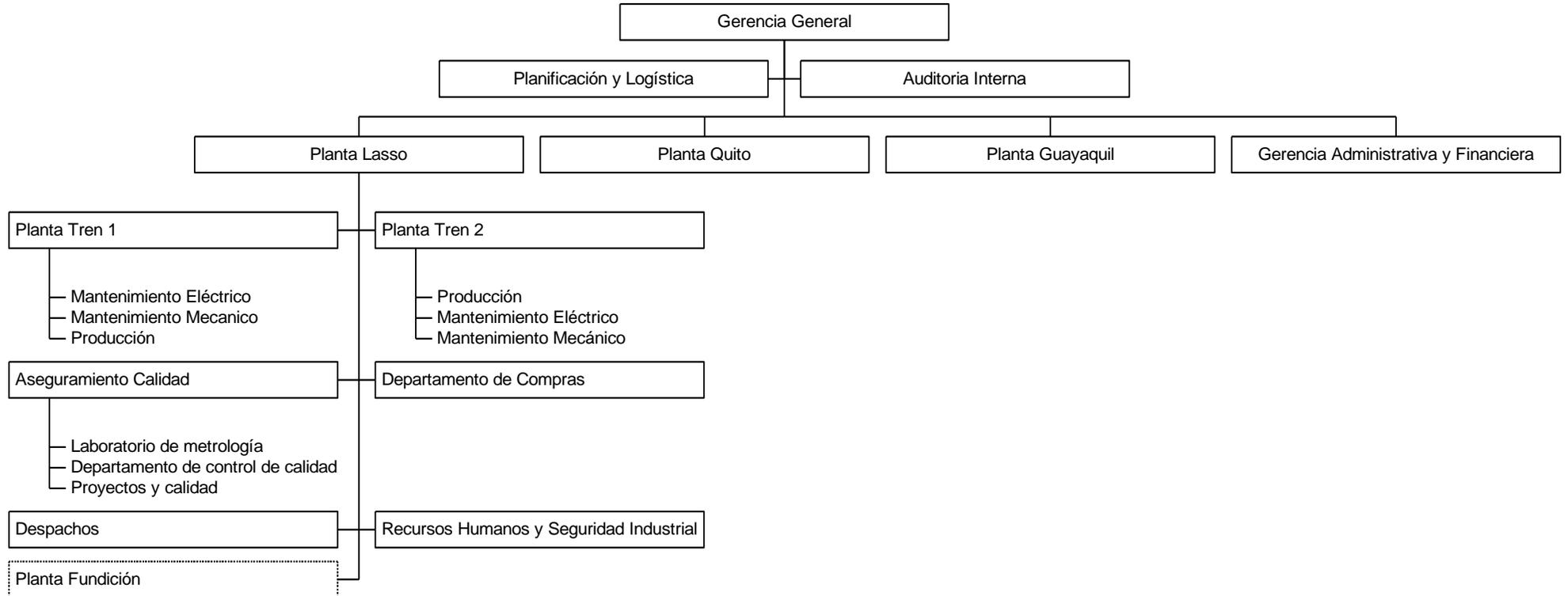
Al adquirir esta máquina de ensayos de tracción, la empresa elimina estas pérdidas de tiempo, además de ganar autonomía, ya que de este modo no depende de la disponibilidad y trámites de las instituciones que prestan este servicio.

La toma y almacenamiento de datos también se realizan de manera ineficiente, ya que se toman de manera escrita en hojas de papel, lo que provoca el deterioramiento de las mismas al paso del tiempo, así como la necesidad de almacenar en espacios físicos que pueden ser utilizados de mejor manera y este almacenamiento tiende a crecer por lo que cada vez se requiere de más espacio físico. El hecho de realizar una toma, almacenamiento en base de datos electrónicos optimiza la utilización tanto de tiempo como de espacio, sin que los archivos se deterioren y además genera una fácil ubicación de lotes por fechas de producción, lo que no sucede en archivos en carpetas.



**Cuadro 1.1 Marco institucional Novacero SA.**

Organigrama de Novacero S.A.



## **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

### Identificación del Problema

Luego de haber analizado los antecedentes podemos afirmar que el problema que tiene la empresa en el departamento de calidad es que la máquina de ensayos que tienen actualmente no está en condiciones de realizar todos los ensayos que la empresa requiere debido a su baja capacidad y a su obsolescencia técnica. Además la empresa requiere que los resultados de los ensayos se obtengan el momento en que los productos salen de la línea de producción, lo cual no se logra realizándolos en otras empresas.

La justificación para realizar este proyecto parte del hecho de que Novacero S.A. requiere obtener autonomía y reducir los tiempos utilizados en la realización de ensayos de tracción en su proceso de control de calidad. De igual manera la adquisición de una máquina de ensayos moderna y certificada promueve la disminución de costos en subcontratos, y tiempos de entrega. Al poner a punto dicha máquina se evitan estas pérdidas de tiempo y se evita realizar tercerizaciones en la ESPE, PUCE, e INEN. También es importante que se realicen los procedimientos necesarios para que se obtenga la certificación de los ensayos de tracción de los diferentes productos de la empresa para garantizar la validez de estos y de los resultados.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

Instalar, poner a punto y elaborar procedimientos para la certificación de ensayos de tracción de varillas corrugadas de la máquina universal Shimadzu UHI 600KN para Novacero S.A. de acuerdo a la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar el seguimiento y documentar la instalación de la máquina de ensayos de tracción Shimadzu UHI600KN.
- Poner a punto la máquina de ensayos de tracción Shimadzu UHI600KN.
- Elaborar de manuales de Operación, Seguridad y Mantenimiento de la Máquina de Ensayos Shimadzu UHI600KN.
- Elaborar los procedimientos, métodos, instructivos y registros de acuerdo a la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 para el ensayo de tracción en varillas corrugadas que produce Novacero S.A.

## **1.5 ALCANCE**

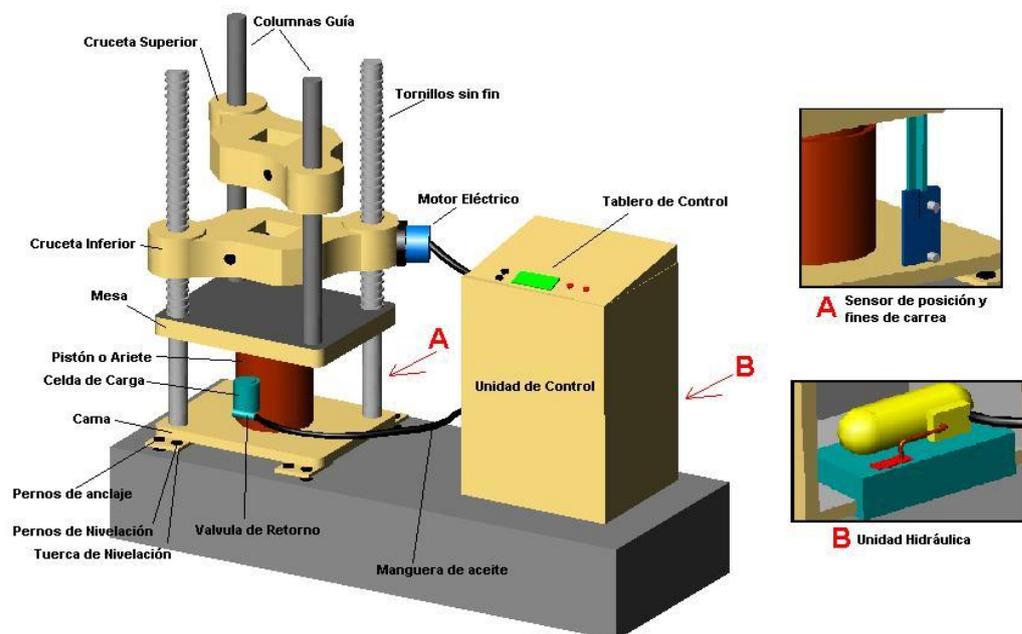
El alcance de este proyecto contempla el seguimiento de la instalación, puesta a punto, calibración de la máquina de ensayos universales Shimadzu UHI600KN. También consiste en la realización de procedimientos, métodos y registros de acuerdo a la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 para el ensayo de tracción en varillas corrugadas de 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28 y 32 mm de diámetro, que servirá para una posterior certificación del laboratorio de control de calidad de Novacero S.A bajo la misma norma. De igual manera incluye la creación de manuales de operación, mantenimiento y seguridad, tanto para el operario como para la máquina de ensayos.

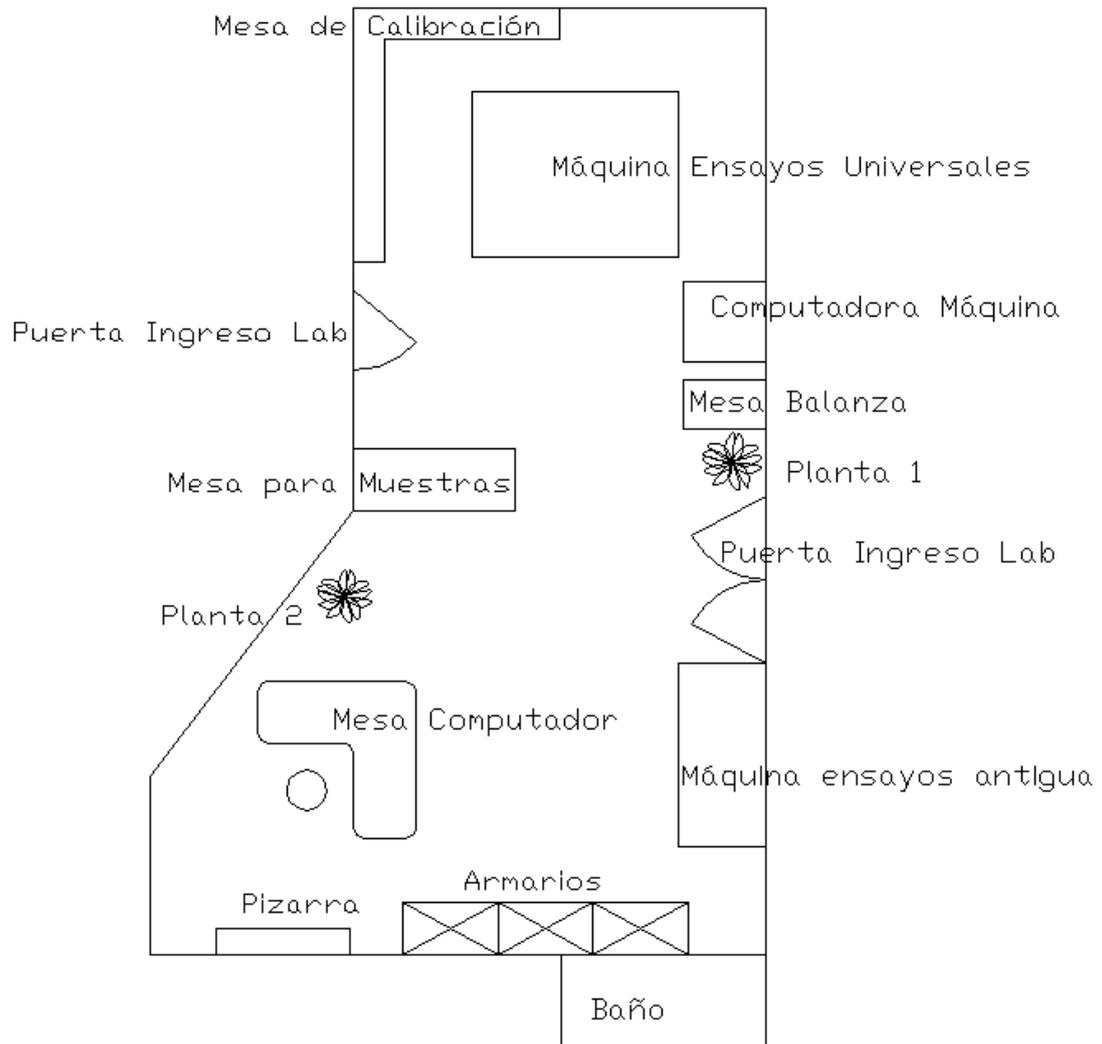
## **CAPITULO 2**

### **INSTALACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS DE TRACCIÓN SHIMADZU UHI 600 KN**

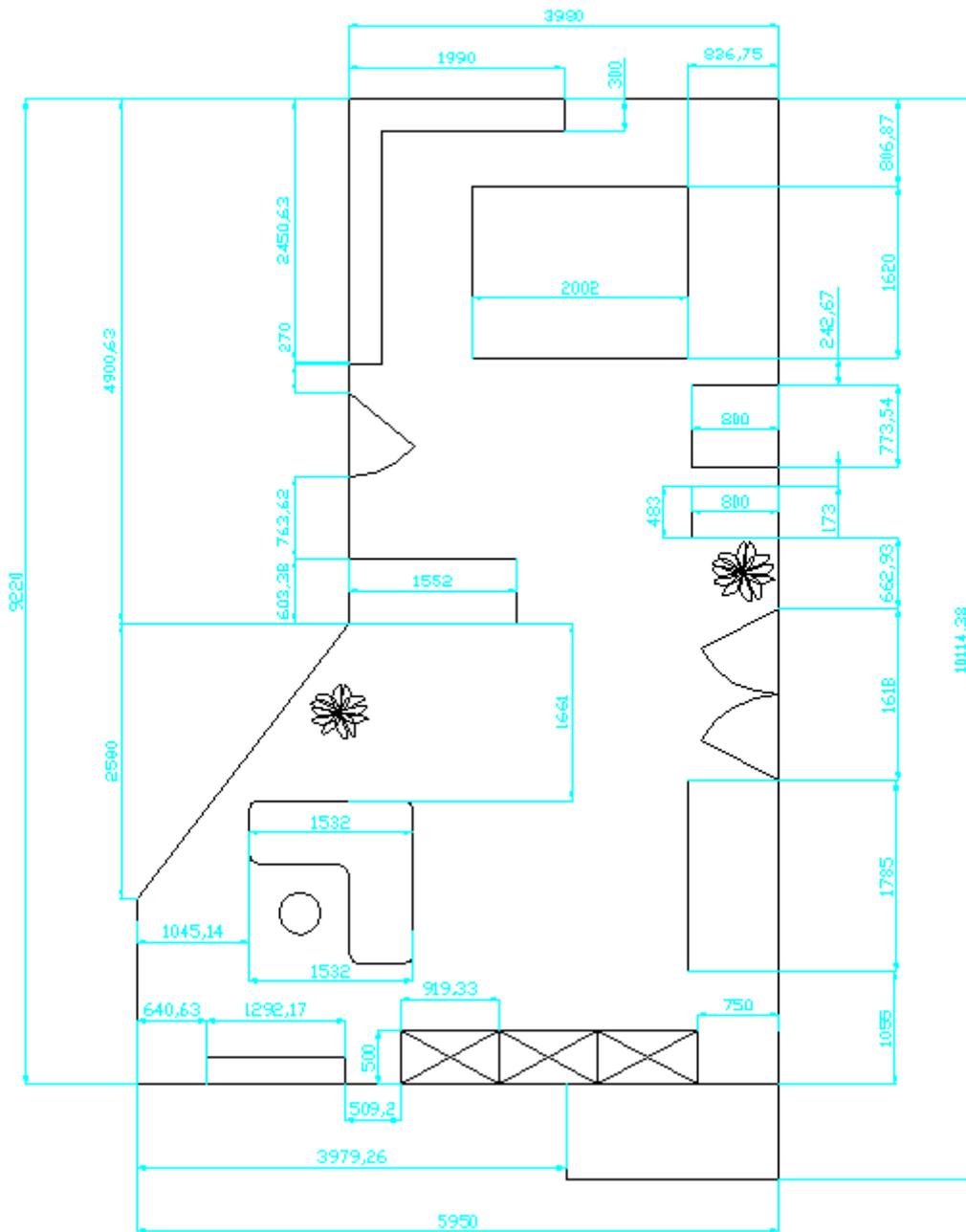
## 2.1 DISTRIBUCIÓN LAYOUT

El laboratorio de control de calidad está ubicado dentro de la empresa y consta de una mesa de calibración de pies de rey, una mesa para muestras y tratamientos de las probetas, otra para la balanza que se usa para pesar las muestras antes de un ensayo. También tiene el escritorio del encargado del laboratorio con su computador, el computador destinado para la máquina de ensayos. Existen, además armarios, donde se almacenan las piezas y accesorios de la máquina de ensayos así como las normas que se utilizan dentro de la empresa. Para la realización de las capacitaciones al personal del laboratorio existe una pizarra de tiza líquida. Con fines decorativos, existen también dos plantas naturales. Finalmente, y como punto más importante, está la máquina de ensayos y la máquina de doblado. La distribución del laboratorio como de sus componentes se detallan en el gráfico contiguo. Los planos del laboratorio se encuentran en el anexo A.





**Figura 2.1: Layout laboratorio de control de calidad Novacero planta Lasso 1**



**Figura 2.2: Layout laboratorio de control de calidad Novacero planta Lasso 2**

## 2.2 CIMENTACIÓN

La cimentación requerida para la instalación de la máquina consta de una base de hormigón y una malla de acero con una zapata. La cimentación fue propuesta por el fabricante pero el cálculo de la cimentación se realizó para comprobar la resistencia de la misma y por fines didácticos. Este cálculo se encuentra en el anexo D.

La característica primordial es que la máquina de ensayos no puede compartir la cimentación con el edificio en que se coloca la misma, puesto que la vibración que se provoca el momento de la ruptura de una varilla puede perjudicar la firmeza de la edificación, rompiéndose vidrios o marcos, por ejemplo.

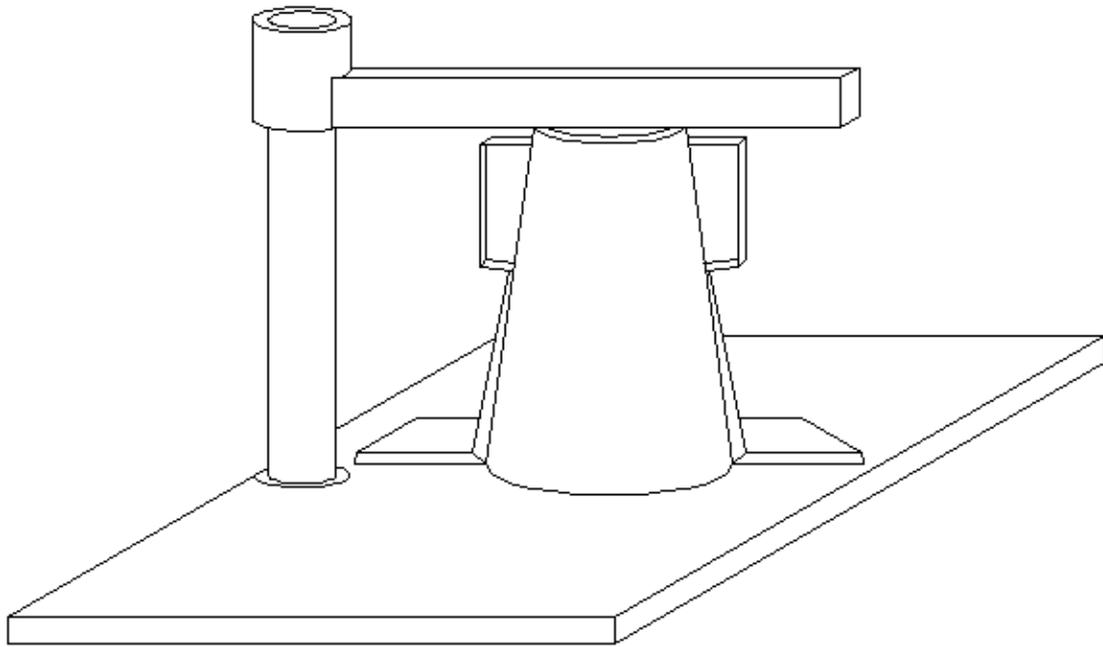
También se debe recalcar que la cimentación del panel de control tiene los mismos requerimientos que la unidad de carga, pero además, necesita de aislamiento a las vibraciones tanto a las que produce la unidad de carga de la máquina como a las producidas externamente, porque la electrónica de la unidad de control es delicada. Por esta razón a más de ser la cimentación separada, una de la otra, está aislada con una capa de 2 cm de espesor de poliuretano.

Ninguna máquina se encuentra a menos de 7 m de la de ensayos ya que las corrientes inducidas pueden alterar la lectura que envía la celda de carga. De igual manera la máquina de ensayos puede verse afectada por vibraciones excesivas, refiriéndose por excesivas a más de 5  $\mu\text{m}$ . Por esta razón la cimentación fue realizada totalmente aislada del piso del edificio en el que se encuentra la máquina.

Para la cimentación de la unidad de control se utilizó un concreto “210”, es decir que resiste 210  $\text{Kg/cm}^2$  a la compresión. Para lograr esta resistencia se utilizaron las siguientes cantidades: 102.1 Kilogramos de cemento, 256.67 kilogramos de ripio, 222.85 kilogramos de arena, 13.5 Litros de aditivo reductor de agua, para un secado más rápido y 66.38 Litros de agua.

En el caso de la cimentación de la unidad de carga se utilizó un concreto 280 y sus respectivas cantidades de materiales fueron: 562.7 Kilogramos de cemento, 1195.34 kilogramos de ripio, 994.6 kilogramos de arena, 15 Litros de aditivo reductor de agua, para un secado más rápido y 319.4 Litros de agua. Las mezclas se realizaron en estas cantidades por recomendación del Código Ecuatoriano de la Construcción.

Antes de realizar la cimentación se hicieron pruebas en este concreto tanto la prueba de asentamiento o medida de la consistencia como la de compresión.

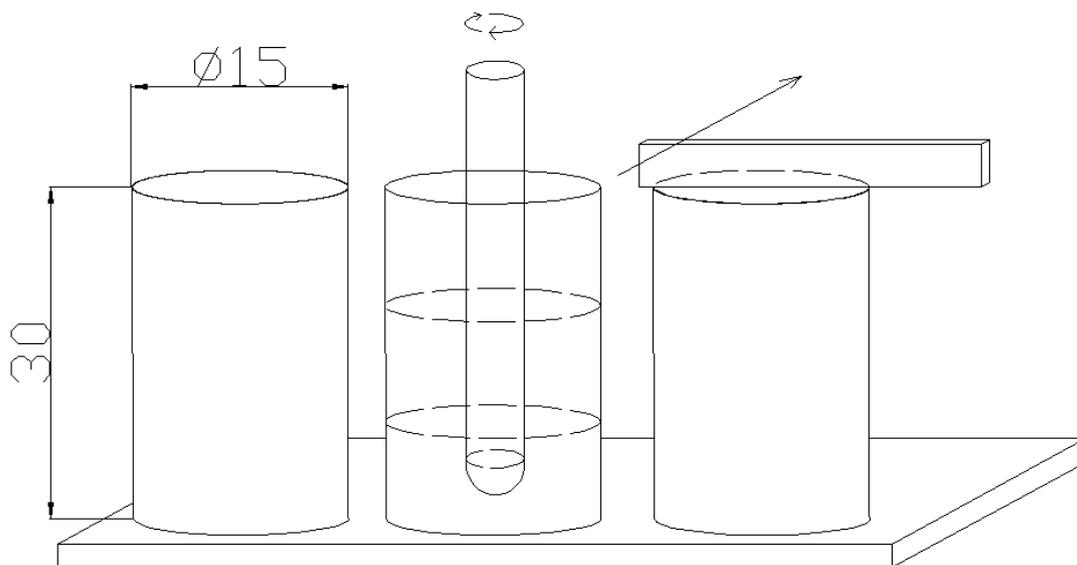


**Figura 2.3 Cono de Abrams para la prueba de asentamiento del concreto**

La prueba de asentamiento consiste en llenar un cilindro cónico de 30 cm de altura, 10 cm de diámetro menor y 20 cm de diámetro mayor con el concreto que se usará. El llenado se realizó en tres capas de una en una, las mismas que se utilizaron en la cimentación, posteriormente. Se vertió entonces la primera mezcla hasta llena un tercio de la capacidad del cono, se golpeó dentro del cilindro 25 veces en cada capa con una varilla de punta semiesférica y diámetro 16 mm y 600 mm de longitud. Luego de esto llenó con una segunda capa, llenando los dos tercios. Se repitió el golpe con la varilla pero no se tocó la primera capa. A continuación se llenó el cono totalmente y se repitió el mismo proceso. Finalmente se retiró el exceso de hormigón del tope del cono con una regla metálica recta hasta que quede perfectamente recto y al ras. Finalmente se dejó reposar la mezcla de 7 a 10 segundos y se retiró el cilindro muy cuidadosamente. La prueba terminó midiendo la altura del bloque, que tuvo un altura de 8 cm. Esta no debe ser mayor a 12 cm ni menor a 8. Si es menor a 8 cm quiere decir que el compuesto está muy seco y se requiere aumentar agua. Al contrario si la altura es mayor a 12 cm se supone que para el compuesto se utilizó demasiada agua. Si la mezcla es irregular no se debe medir en el punto más alto si no en el promedio. No se utilizó este cono para la realización del ensayo de compresión de prueba. La prueba de compresión se realizó en el laboratorio de control de calidad, que posee una máquina de ensayos universales, utilizando un cilindro probeta realizado de la manera correcta. En primera instancia se realizó la probeta en un molde de acero ya que este es un material no absorbente. Además estos moldes se soldaron para tener estanqueidad. Las medidas finales de la probeta son de 15 cm de diámetro y 30 de altura. Las muestras se tomaron aleatoriamente y directamente de la máquina mezcladora. Se realizaron tres probetas de las mismas características, pues este es un proceso normalizado, que así lo exige. El ensayo se realizó al décimo día de haber hecho las probetas. Se pueden realizar los ensayos desde el día 7 hasta el 28 después de fabricar las probetas. Una vez tomadas las muestras de la mezcladora se remezcló

en una carretilla con la misma varilla utilizada en el cono de Abrams. Esta mezcla fue realizada en una carretilla limpia, pues su superficie también tiene características no absorbentes. Al igual que en el cono de Abrams se realizaron las probetas en tres capas iguales, pero en este caso se hicieron las tres probetas a la vez, es decir se llenó la primera capa de las tres probetas, se golpeó con la varilla veinticinco veces y se llenó la segunda capa y la tercera sucesivamente. Al final de la tercera capa en los tres moldes se pasó la misma regla metálica lisa en varias direcciones para dejar una cara totalmente lisa y al ras en los tres cilindros. Estas probetas se dejaron reposar por 24 horas a una temperatura de 24 °C, ya que la norma exige que se deje reposar de 12 a 24 horas a una temperatura de 15 a 25 °C.

Al día siguiente se desmontaron las probetas de los cilindros y se sumergieron en agua a 20 °C. Finalmente las probetas estuvieron listas para ser ensayadas



**Figura 2.4 Probetas para el ensayo de compresión para el concreto\***

Para la realización de los cimientos para la máquina de ensayos se requirió de dos albañiles y de dos semanas. Todo este trabajo fue realizado bajo la tutela del ingeniero civil de Novacero S.A.

En primera instancia se debió cavar un agujero de 2 x 3 m y con una profundidad de 1.05 m. Para realizar dicho trabajo se requirió de 10 horas.

Después se asumió un valor de resistencia del suelo de 2 Kg/cm<sup>2</sup>, que es el valor recomendado por la Cámara Ecuatoriana de la Construcción para esta zona del Ecuador. Entonces se midió el ángulo de talud para obtener el factor de seguridad de la cimentación. Esta prueba consiste en medir el ángulo en que una montaña, creada con el material del suelo, empieza a deslizarse.

Entonces se recurre a un gráfico de equivalencias, obteniéndose un factor de 1.25, utilizado posteriormente en el cálculo de la zapata de la cimentación.

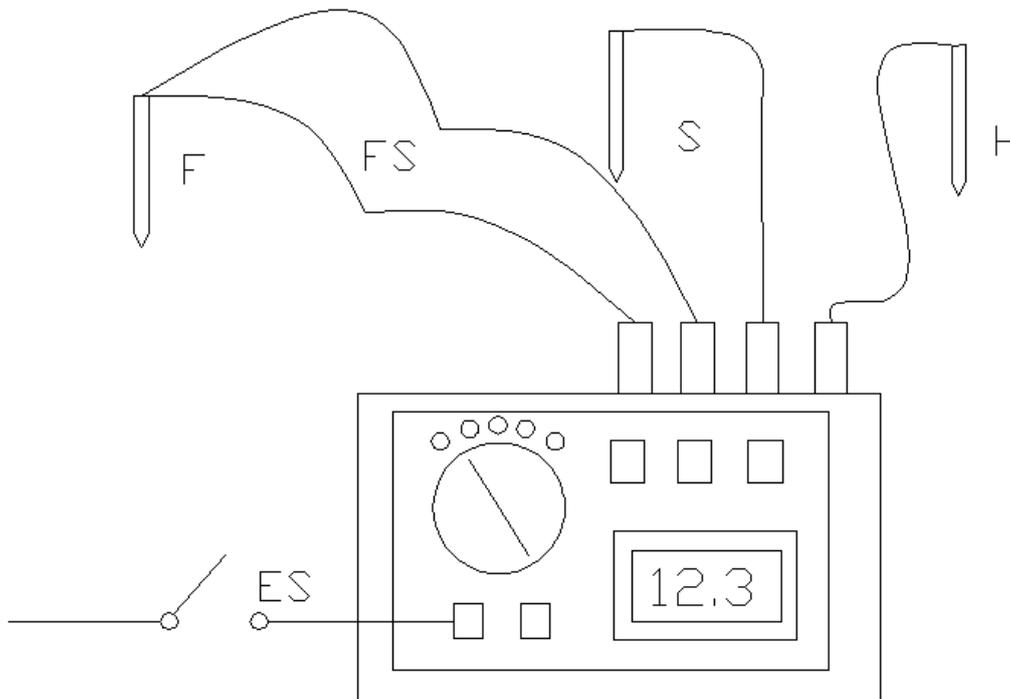
---

\*Agenda práctica del constructor CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE QUITO, Quito, pags: 283-286

Seguido a esto se realizó la medición de la resistividad del suelo, para el posterior diseño de la malla de conexión a tierra.

Esta medición fue realizada utilizando un terrómetro de cuatro puntas que se ubicó en el suelo de la futura cimentación. Se utilizó el método de caída de potencial ya que la mayoría de los instrumentos empleados en la medición de resistencia a tierra, se basan en este método, y si es aplicado correctamente da los resultados más confiables.

El método se aplica para medir la resistencia de un electrodo enterrado en un punto inicial, con respecto a la tierra circundante. Y, esto se realiza colocando puntas de prueba auxiliares a distancias predeterminadas, en este caso se ubicaron a diez metros del electrodo bajo prueba.



**Figura 2.5 Terrómetro Megger de cuatro terminales**

Una corriente que se genera en el instrumento, se transmite por el electrodo y se hace regresar por el electrodo auxiliar de corriente. Al pasar la corriente por la tierra, una caída de voltaje existirá entre el electrodo de tierra y el electrodo auxiliar de potencial. Dentro del aparato se calcula la resistencia por medio de la ley de ohm.

$$R=V/I \quad (2.1)$$

donde

R → Resistencia a tierra en  $\Omega$

V → Voltaje leído entre los electrodos en V.

I → Corriente de prueba inyectada por el instrumento en A.

El método requiere que por lo menos exista un espaciamiento entre el electrodo a tierra y el de corriente de al menos 10 m. Los tres datos de resistencia obtenidos se sumaron y se obtuvo el promedio, ya que mientras más cercano esté el electrodo menor resistencia existirá. Se obtuvo un promedio de  $48\Omega$ , siendo la resistencia recomendable de 0 -  $15\Omega$  para cualquier tipo de maquinaria. De acuerdo al estándar alemán DIN 57141 se utilizó lo siguiente para lograr esta resistencia:

Se requiere, antes de diseñar cualquier malla, realizar cálculos de resistividad del suelo para tener los suficientes datos necesarios para el diseño y la fabricación.

Entonces se calculó la resistividad del suelo utilizando un electrodo de 1.5m de longitud y 5/8" de diámetro. Estos valores son los mínimos aceptados por la DIN 57141, en cuanto a diámetro y longitud se refiere.

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} (\ln(4 \frac{L}{r}) - 1)$$

$$R = \frac{48}{2 \times \pi \times 1.5} (\ln(4 \times \frac{1.5}{8 \times 10^{-3}}) - 1) \quad (2.2)$$

$$R = 28.6\Omega$$

$R \rightarrow$  Resistividad del suelo, luego de ubicar un electrodo en  $\Omega$ .

$\rho \rightarrow$  Resistividad inicial medida del suelo en  $\Omega$ .

$L \rightarrow$  Longitud del electrodo en metros.

$r \rightarrow$  Radio del electrodo en metros.

Se puede observar que el valor de la resistividad del suelo no está en el rango recomendable, utilizando un solo electrodo. Entonces se debe utilizar alguno de los métodos para disminuir la resistividad del suelo. Estos métodos son: utilizar electrodos más largos, de mayor diámetro o más electrodos conectados en paralelo. Se realizará el cálculo utilizando 3 electrodos, ya que la empresa dispone de estos electrodos para la operación de otra maquinaria.

$$R_n = \frac{R}{n} (2 - e^{-0.17(n-1)})$$
$$R_n = \frac{28.6}{3} (2 - e^{-0.17(3-1)}) \quad (2.3)$$
$$R_n = 12.29\Omega$$

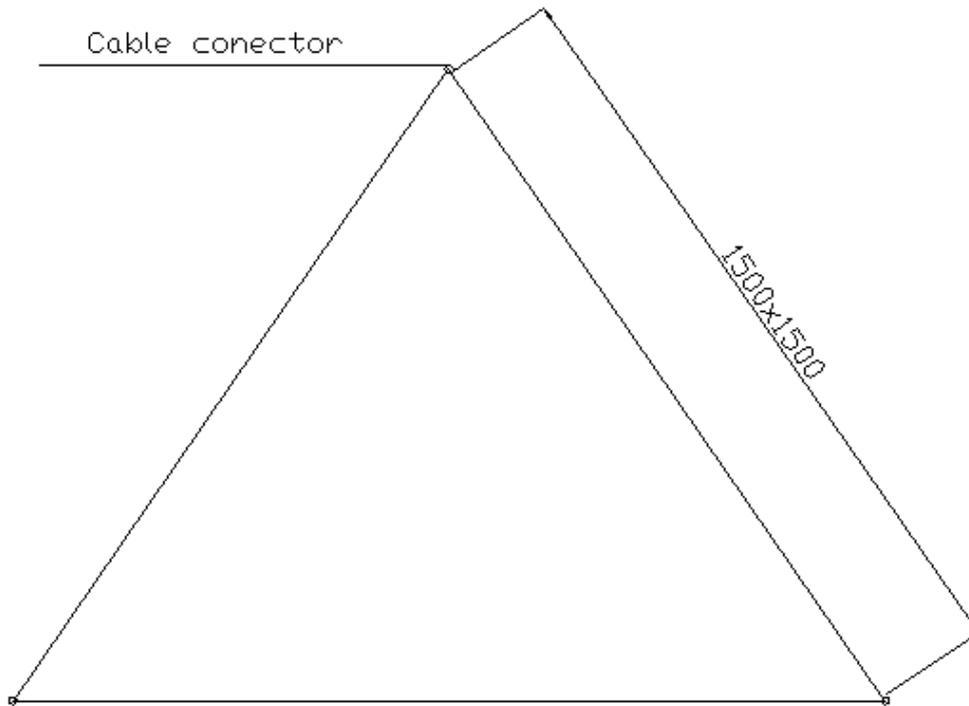
$R_n \rightarrow$  Resistividad del suelo con n electrodos en  $\Omega$ .

$R \rightarrow$  Resistividad del suelo con un electrodo en  $\Omega$ .

$n \rightarrow$  Número de electrodos utilizados.

Se puede observar que al ser el valor recomendable de 15  $\Omega$  se pueden utilizar los tres electrodos propuestos pero en paralelo, como lo recomienda la norma alemana utilizada. Entonces se diseñó una unión delta de 1,5 m entre puntos utilizando 3 varillas de 5/8'' de diámetro y 1.5 m de longitud de baja camada. La baja camada consiste en una varilla recubierta con una capa de cobre de 10 milésimas de milímetro para una duración aproximada de 35 años, además de un cable conductor # 1/0 de cobre, que se conecta la fuente de poder de 220 V a la máquina de ensayos. Se soldaron las puntas para realizar la malla y se instaló en la base de la cimentación, antes de ubicar el replantillo. Finalmente se realizó la medición con el terrómetro nuevamente, pero en este caso se ubicaron los electrodos del terrómetro a 2 metros de la malla para tener una

medición más real y se repitió el cálculo, obteniéndose un valor de  $8\Omega$ , que es una resistividad muy buena para realizar conexiones a tierra. Cada punta puede ser conectada a una máquina si se requiere pero en este caso solo se conectó la máquina de ensayos.

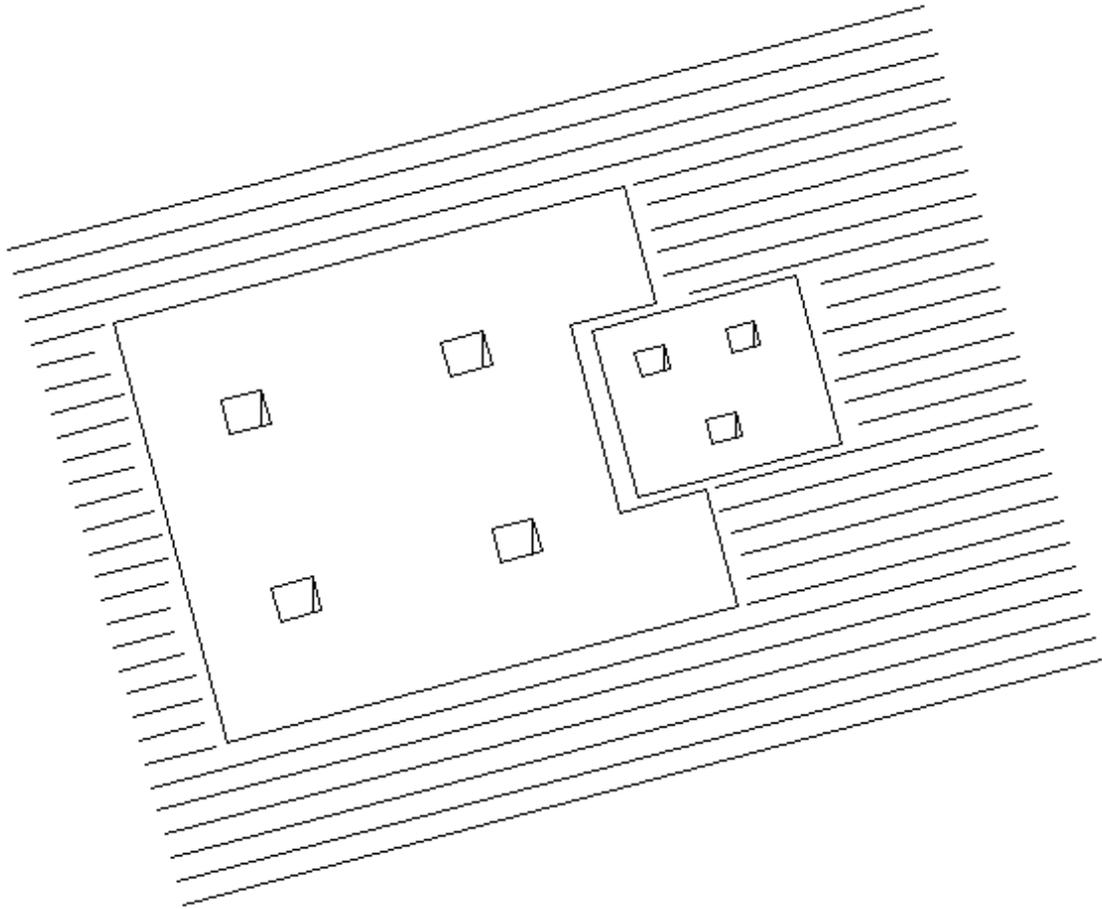


*Figura 2.6: Resistencia eléctrica del suelo*

A continuación se realizó un proceso que se llama replantillo, que consiste en colocar una capa de hormigón pobre preliminar de 15 cm de alto sobre una base de piedra de río para que la capa definitiva se asiente de manera fija y para que la cimentación final no se contamine de suelo, es decir que el hormigón armado no se oxide o corroa. Para realizar aquella capa se utilizaron  $1 \frac{1}{2}$  quintales de cemento, 118 litros de agua, 276 kilogramos de ripio y 350 kilogramos de arena, en los dos casos por cada quintal de cemento. A continuación fue necesario esperar que fragüe la mezcla. Esto tomó 12 horas. Una vez curada la mezcla se debió cortar las varillas para la armadura del hormigón y la zapata, recomendadas por el fabricante (anexo A) utilizando cinchas para unir las varillas tanto de 10 mm como las de 14 mm, de diámetro. Este proceso tomó doce horas más. Después se ubicó la armadura de la

zapata. Este proceso empieza vertiendo el concreto “280” en el agujero, para que sea asentado con un vibrador y aplanado con una regla plana. Después de 24 horas de fragua se dejó la mezcla en reposo para luego realizar la columna que soporta a la unidad de carga de la máquina de ensayos.

De igual manera se juntó la armadura de acero con cinchas como lo indica el plano en el anexo A. A continuación se direccionaron los pernos para el anclaje de la máquina, utilizando tubos de PVC doblados permanentemente por medio de calor para una correcta sujeción de los pernos de la cimentación de la unidad de carga de la máquina de ensayos. Luego se vierte el hormigón de la columna sobre la estructura metálica, ubicada en su posición final. Se debe tomar en cuenta que el no deben quedar restos de acero en los lados para evitar la contaminación del hormigón. En este caso se dejaron 24 horas de reposo de la mezcla para realizar la cimentación de la unidad de carga. Para esta cimentación se rellenó la base, en la que iría asentada esta unidad de arena hasta lograr una capa bien compactada de 24 cm. Una vez realizado esto se procedió a colocar un material capaz de aislar los ruidos mecánicos y vibraciones (espuma flex), utilizando una capa de tan solo 20 mm, que es suficiente para lograr este objetivo. Finalmente para realizar la cimentación de la unidad de control, se siguieron los mismos pasos que realizaron para fundir la cimentación la unidad de carga, pero en este caso no existe una estructura metálica, ya que al ser relativamente liviana esta unidad requiere solamente aislamiento de vibraciones más que de resistencia. Al final se utilizaron 9 días para la realización de la cimentación de la máquina de ensayos, tomando en cuenta los tiempos utilizados para el curado de la mezcla, en los que no existió intervención de ningún tipo de recurso humano. El plano de la cimentación se encuentra en el anexo A y el cálculo de la misma se encuentra en el anexo D.



**Figura 2.7**      **Distribución de agujeros para la cimentación de la máquina de ensayos**

Para la fijación de la máquina a la cimentación se requirió realizar agujeros cuadrados para, una vez centrada la máquina, llenarla con Sikadur 42, que es un mortero epóxico para anclaje de pernos y nivelación de maquinaria.

Este compuesto tiene tres componentes con base en resina epóxica y agregados especialmente gradados, que se adhiere sobre superficies húmedas o secas. También se utiliza para anclar cables, tirantes, postes de pasamanos. En nivelación se usa para nivelar fundiciones de maquinaria, platinas de soporte para puentes, columnas, etc. En este caso también sirvió para rellenar las cavidades o grietas anchas en la superficie horizontal del hormigón. La ventaja primordial del uso del Sikadur es que permite sellar con altas propiedades mecánicas la cimentación de la máquina, ya que sin este componente se debería realizar los agujeros con total exactitud, lo cual es prácticamente imposible.



**Figura 2.8 Cimentación de la unidad de control**

Una vez que el hormigón está listo se debió esperar tres semanas para proceder a rellenar los agujeros con el Sikadur realizando los siguientes pasos:

- El primer paso consistió en limpiar la superficie de este, evitando así la acumulación de partículas sueltas y contaminación de aceites, polvo, residuos curadores etc, para lo cual se utilizó una pulidora.
- A continuación se mezclaron los compuestos con la denominación A y B, vertiendo todo el componente B en el A, mezclándolo con un taladro de máximo 300 RPM, hasta que se logró una mezcla de color uniforme.
- Sin suspender el mecimiento de la anterior mezcla se procede a verter lentamente el contenido del compuesto con denominación C en la mezcla anterior, procurando que no entre aire a la nueva mezcla. Se continuó mezclando el compuesto hasta que se alcanzó un mortero totalmente homogéneo.
- Siguiendo a esto se dejó desairear la mezcla por tres minutos antes de ser aplicada en los agujeros.
- Entonces se vierte el mortero en los moldes o agujeros, previamente realizados, manteniendo una presión por gravedad lo suficientemente alta para que el flujo sea continuo.
- Debido a la relativa baja profundidad de los agujeros se vertió todo el contenido necesario en un solo evento, en caso contrario se debería llenar los agujeros con varias capas dejando que las anteriores se sequen para proceder a vaciar las siguientes.
- Finalmente se procedió a limpiar las bases metálicas de la máquina, las platinas de nivelación y las herramientas que entraron en contacto con el Sikadur, ya que una vez seco este material solo se lo puede retirar por medios mecánicos. Todo este proceso requirió de 24 horas debido a su fraguado.



**Figura 2.9 Sikadur en la cimentación**

Es importante conocer los datos técnicos de compuesto por lo que se detallan a continuación:

*Tabla 2.1 Datos técnicos Sikadur*

Color	Gris
Consistencia	Mortero fluido
Densidad	Aprox. 2.0 kg/l a 20°C
<b>Proporción de mezcla</b>	Peso: A = 2, B = 1, C = 12 Volumen: A = 2, B = 1, C = 7
Vida en el recipiente	5 kg a 10 °C = 90 min.
Espesor máximo	4 cm por capa
Resistencia mecánica	10 días, 20 °C
Compresión	Aprox. 800 kg/cm <sup>2</sup>
Flexión	Aprox. 400 kg/cm <sup>2</sup>
Tensión	Aprox. 150 kg/cm <sup>2</sup>
Adherencia a hormigón húmedo	Falla del hormigón

Límites de temperatura del sustrato	Mín: 5 °C, Máx: 40 °C
Consumo	Aprox. 2 kg de mortero por litro de relleno

Se debieron tener ciertas precauciones al manipular este componente y es que a contener endurecedores nocivos, que funcionan antes de que el producto sea curado, el cimentador debió trabajar con el equipo de seguridad requerido como son mascarillas, guantes y gafas. También se debió proveer de una ventilación adecuada para el momento de la instalación si es que el sitio de la aplicación es cerrado. Finalmente se evitó totalmente el contacto con la piel.

### 2.3 MONTAJE

El montaje empieza con el traslado de la máquina del trailer al laboratorio. Las piezas que vienen separadamente son: unidad de carga, unidad de control o medida, unidad hidráulica, cobertores de la mesa, cobertores de la cama, caja corrugada que contiene partes frágiles, caja de madera que contiene partes pesadas.



**Figura 2.10 Traslado de la máquina desde el trailer**

Para trasladar la máquina se utiliza un montacargas con capacidad suficiente para transportar dos toneladas, que es el peso aproximado de la misma. Para conseguir este traslado de la manera más segura se utilizaron ganchos de seguridad y se transportó con gran cuidado todo el equipo, además de utilizar al menos dos operarios por vez para el traslado de la máquina. Otra medida de seguridad que se tomó fue la de transportar todo el equipo dentro de sus cajas, de tal manera que nada pudiera estropearse. Debido al gran peso de la unidad de carga se tuvo mucho cuidado con las columnas de sujeción y los tornillos sin

fin, ya que a pesar de aparentar rigidez, una fuerza lateral puede deslinearlos o doblarlos permanentemente.



**Figura 2.11 Traslado de la unidad de carga**

Debido a esta razón se utilizó un cable que se introduce por la parte media de la cruceta inferior y se ajusta en la mesa, esto genera una elevación casi vertical lo cual es favorable para que no existan desviaciones para las columnas. Además la elevación de la máquina con respecto al nivel del piso es extremadamente pequeña, para en caso de existir una fuerza lateral no se vuelque la unidad de carga. Por protección de la pintura cada movimiento con un cable se lo realizó con esponja o espuma alrededor del cable transportador. Este proceso pudo ser realizado en 5 horas, a pesar de la corta distancia de transporte debido a la velocidad a la que se realizó. Una vez que la máquina llegó al laboratorio de control de calidad se utilizaron rodillos, sobre los cuales avanzaba una plataforma de madera que contenía a la máquina. De esta manera se asentó la máquina sobre su espacio final. Se utilizaron rodillos de 50 mm de diámetro. Existía la posibilidad de acostar la máquina sobre la plataforma de madera y levantarla cuando llegara a su sitio final, pero debido a la baja velocidad de avance no fue necesario. Jamás se pasó un cable por el cilindro que empuja la mesa y se logró ubicar la máquina en su destino final en 3 horas más.

La unidad de control, al tener muchas partes electrónicas, es relativamente delicada. Por esta razón el transporte se lo realizó, de igual manera con mucho cuidado, pero a diferencia de la anterior unidad, esta es más liviana por lo que su manipulación fue más fácil y rápida. La unidad de control tiene cuatro ganchos para transporte similares a los que podemos encontrar en vehículos para su remolque. Estos ganchos están ubicados a los lados de la unidad generan un equilibrio suficiente para que la unidad no se balancee, siempre y cuando la altura del piso sea la adecuada, es decir la menor posible. Para su transporte en el montacargas se cruzó un cable por los ganchos y se elevó la unidad hasta quedar en las paletas del mismo. Nunca se descuidó la velocidad con la que se transportaba la unidad debido a la fragilidad de sus componente electrónicos internos. Al igual que la unidad de carga, la de control fue introducida al laboratorio de control de calidad por medio de rodillos de 50 mm, pero en este caso se pudo

realizar esta operación con la ayuda de personal de la planta y no una grúa como en el caso de la unidad de carga. La unidad de control presenta la cualidad de tener su centro de gravedad en la parte superior por lo que los movimientos y fuerzas laterales durante su transporte pueden generar problemas serios. Por esta razón la elevación desde el suelo fue de 2 cm, dos menos que con la unidad de carga. Este transporte, en cambio, requirió de tan solo 1 hora.



**Figura 2.12 Unidad de control**

El transporte de los otros componentes de la máquina se realizó con mayor facilidad y velocidad debido a que su embalaje constaba con las protecciones requeridas dentro de sus cajas corrugadas. El proceso de transporte de 45 m tomó alrededor de 4 horas desde la llegada del container.

Una vez que todas las piezas estaban dentro del laboratorio se procedió a desempacar todas las partes. Este procedimiento se lo realizó en las cercanías del lugar definitivo en donde iría la máquina para tener que manipularlas lo menos posible. Tanto la unidad de carga como la de control se desempacaron cuando se iba a realizar su instalación en sí como la de sus respectivas partes. Las partes pequeñas, sobre todo de la unidad de control, se ubicaron en un mismo sitio debido a la facilidad de perderse que presentaban. De igual manera para poder realizar un inventario de las partes que se entregaron todas las piezas se ubicaron en una base de madera de 4 m<sup>2</sup>.

## **2.4 INSTALACIÓN**

### **2.4.1 REQUERIMIENTOS**

Para realizar la instalación se requiere de algunos puntos o condiciones necesarias que el laboratorio cumple. Esto se debe a que el laboratorio de control de calidad posee otros equipos de metrología que, por lo general trabajan en ambientes especiales para su funcionamiento.

Como condición inicial se requiere que el espacio para el mantenimiento sea de al menos cincuenta cm entre los lados de la máquina de ensayos y las paredes del edificio en el que se montó la misma.

Para el transporte se requieren:

- Un elevador.
- Un montacargas
- Un electricista

En los requerimientos de espacio están:

- Ancho = 3000 mm
- Profundidad = 2350 mm
- Altura = 3000 mm
- Debido al peso y fuerza generada por el marco de carga se recomienda un piso de concreto.

Requerimientos ambientales.

- Temperatura 5 – 35 °C
- Humedad relativa 20 – 80 %

*Tabla 2.2 Requerimientos eléctricos*

	Nº salidas	Nº fases	Voltaje	Frecuen-cia	Poten-cia	Corrien-te	Fusible
<b>Unidad de control</b>	1	3	220V +/-10%	60 Hz.	3.5 Kva	20 [A]	50 [A]
<b>Computa-dor</b>	4	1	110 V +/-10%	60 Hz.		15 [A]	

*Tabla 2.3 Requerimientos para el computador personal*

<b>Sistema operativo</b>	Microsoft Windows 95/98/Me/Nt4/2000/XP
<b>CPU</b>	Mínimo Pentium III 600MHz / Celeron Pentium 4
<b>RAM</b>	Mínimo 128 MB
<b>Disco duro</b>	Mínimo 500 MB

<b>Drives</b>	Floppy drive y CD-ROM
<b>Dispositivos</b>	Mouse
<b>Puertos</b>	RS232C, 1 puerto
<b>Impresora</b>	Cualquiera, compatible con Windows

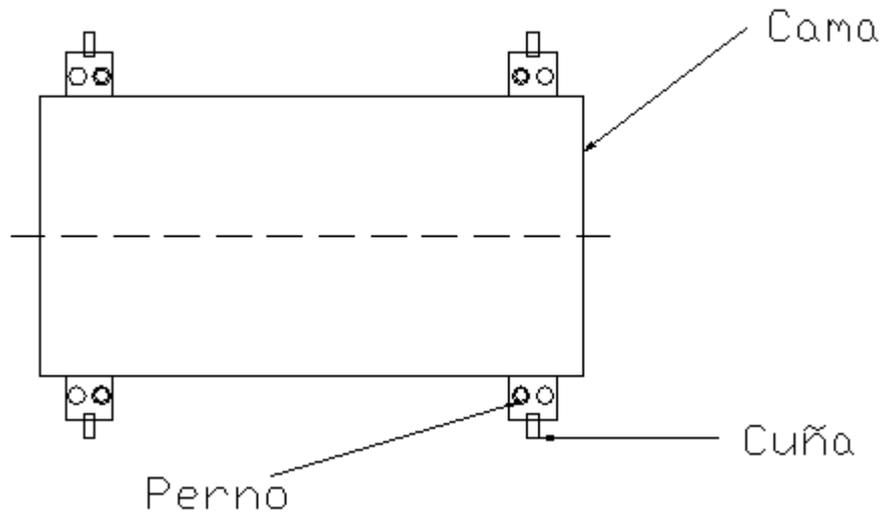
Precauciones de instalación:

- No se debe instalar la máquina en lugares donde existan fluctuaciones de temperatura drásticas.
- No se debe instalar la máquina en lugares con excesiva humedad y nunca debe haber oxidación.
- No se debe instalar la máquina en lugares que contengan o estén expuestos al polvo.
- No se debe instalar la máquina en lugares cercanas a otras máquinas, que puedan producir algún tipo de vibración.
- No se debe instalar la máquina en lugares cercanos a equipos que produzcan inducción eléctrica.
- Debido a que la máquina está equipada con celdas de presión altamente sensibles, sobre todo el amplificador de medición de carga, por lo que no se debe instalar la máquina cerca de hornos de alta inducción.
- No se debe instalar la máquina en lugares que presenten gases corrosivos, vapores o exposición directa a los rayos solares.
- No se deben abrir las cajas con el logo Shimadzu sin la autorización de técnicos o ingenieros de soporte técnico autorizado por Shimadzu.

## 2.4.2 INSTALACIÓN

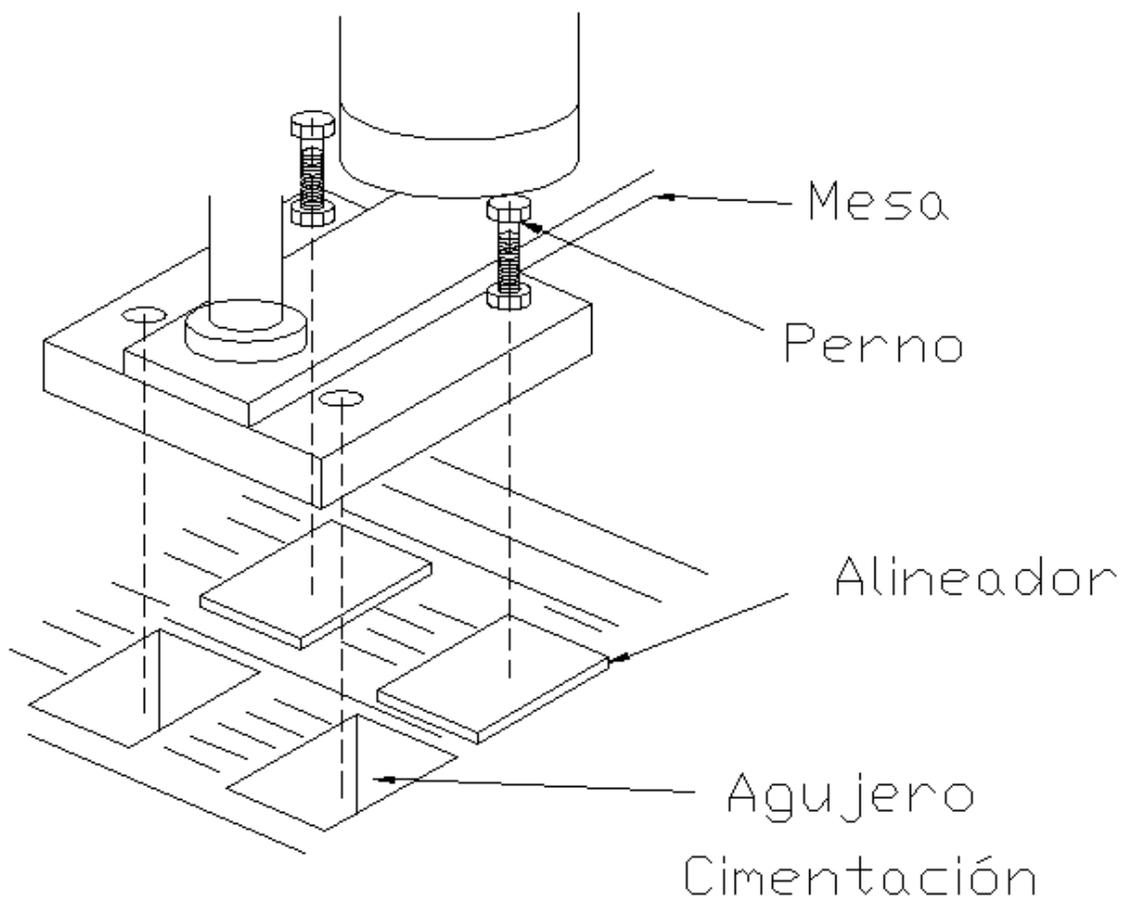
Para conocer las partes y piezas fundamentales de la máquina de ensayos Shimadzu UHI 600 KN se deben leer los manuales de instructivos, de operación y mantenimiento que se encuentran en los anexos del capítulo cuatro. La instalación de la máquina empieza con la unidad de carga y control para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

- Se ubicaron en la superficie de la cimentación los alineadores de la base, sobre los cuales irían los pernos de alienación que van sobres la cama de la máquina.



**Figura 2.13 Instalación de la unidad de carga**

- Después se procedió a ubicar la unidad de tal manera que los pernos de sujeción quedaron alineados con los agujeros de la cimentación. Hasta entonces recién se retiraron las protecciones externas de la unidad para su transporte.



### **Figura 2.14 Nivelación de la unidad de carga**

- Se procedió de la misma manera para ubicar la unidad de control alineada a sus pernos de sujeción y a una distancia requerida de 320 mm entre esta unidad y la de carga. La ubicación de las dos unidades a sus respectivas cimentaciones tardó alrededor de 1 hora y 30 minutos.

La instalación continuó con la unidad hidráulica y se la realizó siguiendo los siguientes dos pasos:

- Se instaló la unidad hidráulica en la base posterior de la unidad de control de manera que quedó centrada y sin tocar el marco ni el resto de la unidad.
- Se la direccionó de tal manera que tanto el medidor de aceite como la tapa para el ingreso del mismo queden hacia la parte posterior de la unidad de control, para su posterior revisión y llenado, respectivamente.



**Figura 2.15 Unidad hidráulica de la máquina de ensayos**

Posterior a esta ejecución se realizó la instalación de la celda de carga, que también constó de dos pasos:

- Se instaló la celda de carga en la válvula universal de doble vía que se encuentra en la parte inferior del cilindro de carga, que a su vez descansa sobre la cama de la unidad de carga.
- Su apriete no se lo realizó de manera definitiva, ya que primero era necesario sangrar el aire que puede estar contenido en cualquier parte del sistema hidráulico.

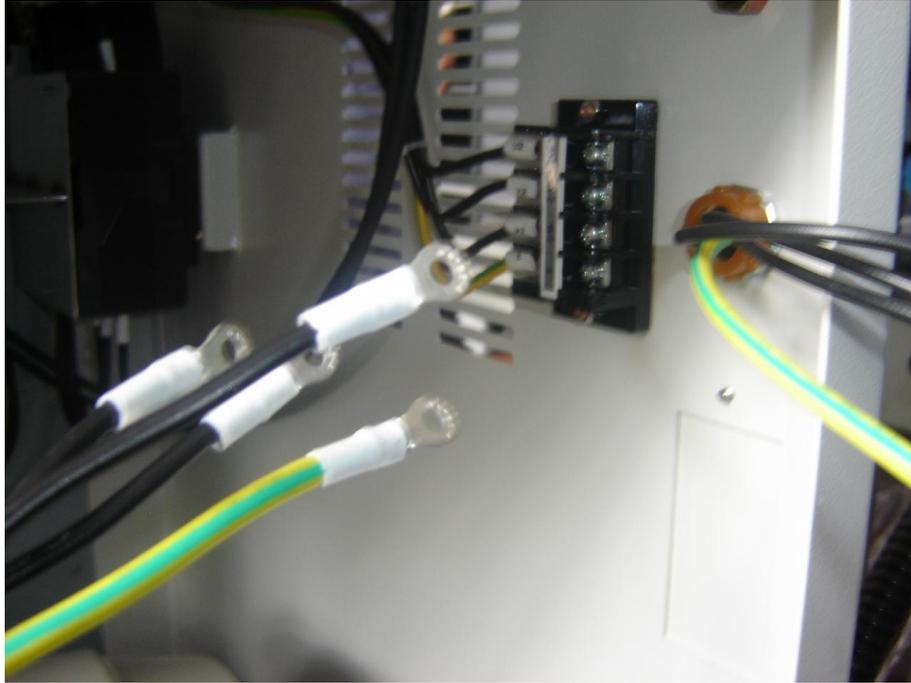
El sistema hidráulico requirió de 1 hora más para ser instalado.



**Figura 2.16 Celda de carga**

El siguiente proceso consistió en conectar los cables de la fuente de poder al motor de la bomba y al motor eléctrico que eleva a la cruceta inferior. Para los cables constaban de marcas en anillos de colores específicos para ser conectados posteriormente en la unidad de control, para lo cual se siguieron los siguientes pasos:

- Se conectó el cable de la fuente de poder al terminal del tablero en el frente de la unidad de control. Al mismo tiempo se verificó la polaridad las fases (R.S.T.) en los terminales del control del poder en la parte posterior que tiene el sistema de distribución de energía para los demás componentes.
- Se insertó, entonces, el conector del motor eléctrico en un tubo de Niporex, para que este pueda ser introducido por el agujero del cobertor lateral posterior de la unidad de control, en donde a su vez se sujetó en los tornillos de sujeción del terminal en el tablero de control.



**Figura 2.17 Instalación y conexión de cables**

Las conexiones eléctricas fueron instaladas en 2 horas y quince minutos.

Una vez realizadas las conexiones eléctricas se procedió a realizar el ensamblaje de la unidad de control bajo los siguientes pasos:

- Primero debieron ser retirados unos tacos de madera que se ubicaban sobre la cruceta inferior, que vinieron con la máquina para la protección de las columnas y el tornillo sin fin durante su transporte.
- Después se retiraron los tacos de madera que salvaguardaban a los cables y conexiones eléctricas del motor de la cruceta inferior de la unidad.
- Seguido a esto se encendió la fuente de poder de la unidad de control, así como el breaker que sirve para la operación del circuito eléctrico.
- El encendido del circuito se lo realizó con el fin de poder elevar la cruceta inferior 100 mm (con el motor eléctrico) para poder remover los tacos que se encontraban entre la cruceta inferior y la mesa de la unidad. La revisión de las polaridades fue importante para el momento de mover el motor eléctrico no lo haga hacia el sentido contrario del deseado causando la traba de la unidad de carga.



**Figura 2.18** Instalación inicial de la unidad de carga

El ensamble inicial de la unidad de carga requirió de 3 horas y veinte minutos.

Antes de continuar con el ensamble de la unidad de carga se conectaron las cañerías de la fuente hidráulica sus respectivas conexiones:

- El sistema consta de tres cañerías con distintos conectores, lo que las diferencia entre sí. Dos son cañerías largas para alta presión y una de vinilo para la válvula de control hidráulico, el cilindro de carga y el retorno al depósito de aceite, respectivamente.
- El siguiente paso consiste en conectar cada una de las cañerías en el dispositivo al que corresponden, que se hicieron siguiendo los símbolos que indican donde conectar cada uno y los tipos de conexiones que son distintas entre si.
- A continuación de esto se procedió a llenar el depósito de aceite de la unidad hidráulica hasta que el medidor marcó full.



**Figura 2.19 Llenado del aceite de la unidad hidráulica**

- Luego de esto se realizó el sangrado del sistema montando los platos de compresión, con la celda de carga no ajustada al máximo, se encendió el display y se generó una carga de compresión por diez minutos al 80% de la carga máxima de la máquina, es decir a 48 toneladas.
- Finalmente se dio el ajuste definitivo a la celda de carga.



**Figura 2.20 Sangrado del aceite de la unidad hidráulica**

Entonces se regresó a la instalación de la unidad de carga.

- El paso requerido a continuación fue retirar una placa de protección que tiene la cruceta superior y que une esta a la inferior. Para esto se puso el taco de madera que se retiró anteriormente hasta generar una elevación de la cruceta superior a 100 mm que tiene esta placa y se la liberó aflojando sus tornillos de sujeción.



**Figura 2.21 Instalación de la unidad de carga**

A continuación se montó el pistón a la mesa de la unidad de carga siguiendo los siguientes pasos:

- Se elevó gradualmente el pistón desde la unidad de control hasta que la parte superior, de menor diámetro, encaje en el agujero central de la mesa.



**Figura 2.22 Elevación gradual del pistón**

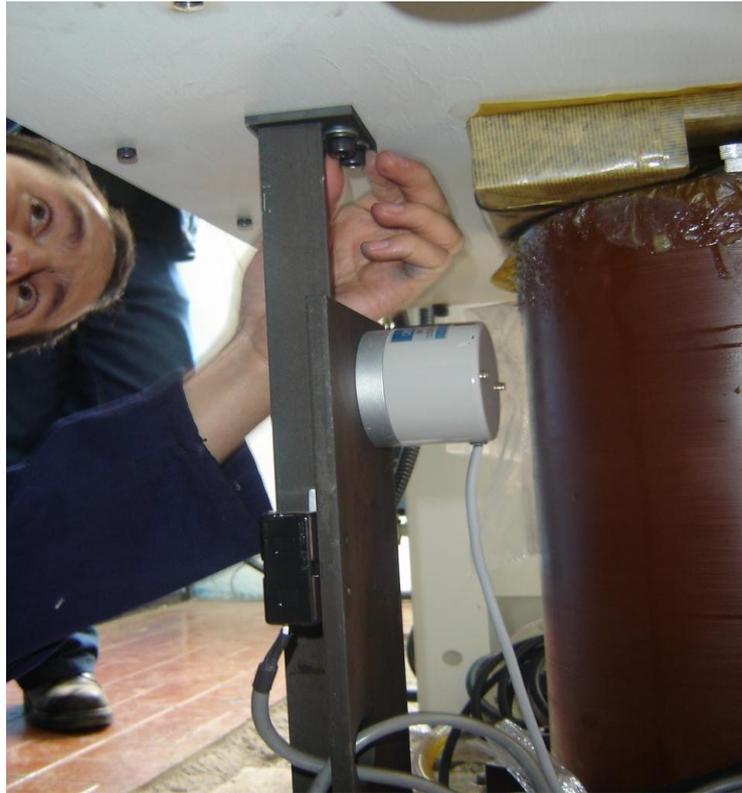
- Una vez logrado esto se ajustaron los pernos de sujeción desde el tope de la mesa hacia el cilindro.
- Los pernos se ajustaron de manera opuesta por recomendación del fabricante para evitar la ruptura de las roscas de los mismos.



**Figura 2.23 Ajuste de los pernos de sujeción**

Seguida de esta acción se procedió a instalar el detector de sobrecarga y los finales de carrera del desplazamiento de la mesa bajo los siguientes pasos:

- Se ajustaron los pernos de sujeción para unir el detector de carga con la cama de la unidad de carga.
- A continuación se deben instalar los finales de carrera que son colaborantes con la cama, por lo que no son piezas móviles. Los interruptores de los finales de carrera se deben instalar de manera que el sobresalto de la mesa toque los topes. Estos dispositivos sirven para detener la máquina en caso de sobrecarga, por lo que la prolijidad para su instalación y la comprobación de su perfecto funcionamiento se realizó luego de ser instaladas y antes de realizar cualquier prueba.



**Figura 2.24 Fines de carrera**

- Siguiendo a esto se realizó el montaje del cable sobre la polea del detector que se encuentra a continuación del fin de carrera superior. Para este montaje se debió colocar entre cruzado desde abajo para arriba.



**Figura 2.25 Poleas del sensor de desplazamiento**

El segundo tramo de ensamblaje de la unidad de carga de la máquina de ensayos se lo realizó en 4 horas más.

Una vez instaladas todas las partes funcionales de la máquina de ensayos se procedió a su nivelación, tópico muy importante para que los datos arrojados por la máquina sean confiables y especialmente para que la máquina no sufra de cargas disperejas no horizontales, que puedan causar daños graves a la misma. Para la nivelación se siguieron los siguientes pasos:

- Con los pernos de nivelación se elevó la unidad de carga alrededor de 10 mm y se colocaron dos placas de acero en cada una de las cuatro bases de la unidad.
- A continuación se ubicó un nivel de precisión 0,1 mm/1000 mm en el centro de la mesa.
- Primero se lo ubicó en la dirección frente-posterior y se procedió a nivelar con los pernos niveladores de la izquierda de la unidad vista desde el frente.
- Una vez lograda la nivelación en dicha dirección se colocó el nivel en dirección lateral (izquierda-derecha) y se procedió a nivelar utilizando los pernos niveladores de la derecha.
- Cuando se logró la nivelación se procedió a ajustar los pernos de nivelación con la tuerca que se encuentra en la parte superior de la base, entre el perno y la base.
- Finalmente se ajustan los pernos de la cimentación con un torque mínimo de 85 kg-m alcanzado únicamente con el uso de una palanca y comprobado con el uso de un torquímetro.



**Figura 2.26 Nivelación de la unidad de carga**

Para la nivelación de la máquina se utilizó una hora más.

A continuación se conectaron los cables eléctricos a los otros dispositivos de la máquina.

- Se inició con el conector de la celda de carga que envía voltaje en un rango de 0-5 V
- Después se conectó el cable del detector de sobrecarga.
- A continuación se conectó el cable de la posición de retorno ubicada en el mismo dispositivo que el anterior.
- Se conectó la válvula electro-hidráulica servo asistida.
- Se conectó la válvula de retorno de aceite hidráulico.
- Finalmente se conectó el fin de carrera de máximo desplazamiento de la mesa.

Las conexiones finales fueron realizadas en un tiempo de 45 minutos.

Finalmente se realizó el montaje de los cobertores de cada unidad de la máquina de ensayos, que al no tener orden requerido se las ubicaron empezando por la unidad de carga, luego con la de control y por último se ubicó el cobertor de las cañerías del sistema hidráulico. Todas estas partes fueron montadas con los pernos hexagonales que se adquirieron con la máquina de ensayos. Este ensamblaje final tomó 35 minutos finales. Toda la instalación, nivelación, y montaje se realizaron bajo el orden del ingeniero Edgar Peña, que es el representante para Latinoamérica de Shimadzu Co. La ejecución de estas tareas también las realizó el mismo ingeniero con la ayuda de operadores, eléctricos, de planta y los ejecutantes del presente proyecto según el caso, conocimiento y grado de dificultad.



**Figura 2.27 Montaje de los cobertores**

## **CAPÍTULO 3**

### *PUESTA A PUNTO DE LA MÁQUINA*

#### **3.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO**

Las pruebas de funcionamiento empezaron el día en que se realizó la instalación. Esto se debe a que se probaron todos los elementos de la máquina, incluidos los elementos eléctricos.

Básicamente las primeras pruebas consistieron en el encendido de la máquina así como el movimiento de la cruceta inferior por medio del motor eléctrico, llevar a cero los valores de carga como de desplazamiento. Antes de estas primeras pruebas se lubricó los componentes deslizantes de la máquina. Las siguientes pruebas fueron realizadas durante la capacitación que se recibió a cargo del corresponsal

de Shimadzu en Latinoamérica. Se cargó la máquina al 90% de la capacidad para verificar que esta podía alcanzar su valor de carga nominal.

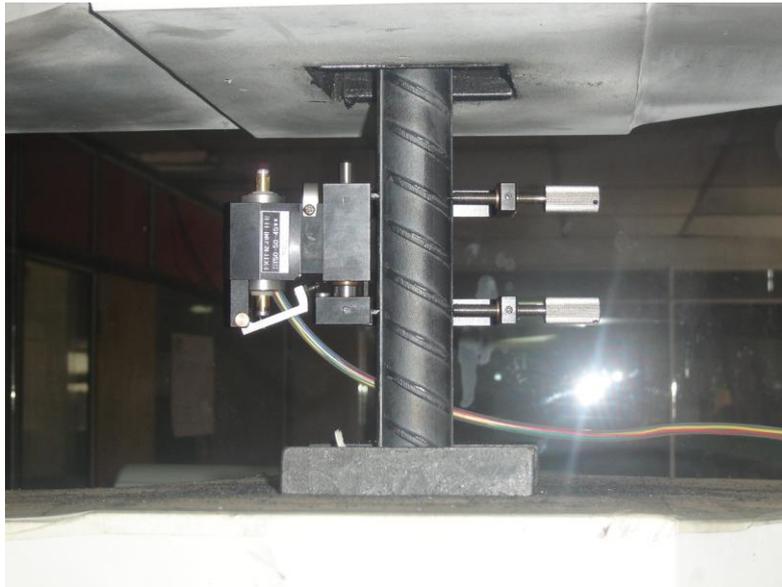


**Figura 3.1 Carga de la máquina hasta el 90% de su capacidad**

Debido a que el software que incluye la máquina de ensayos, requiere de la realización de métodos previa la realización de cualquier ensayo los ensayos de prueba fueron realizados de manera manual, en un inicio.

Una vez que se conocieron bien las partes de la máquina y la manera de operarla manualmente se procedió a realizar los métodos, que básicamente consisten en indicar las pautas y parámetros tanto de velocidad, extensómetros, tipos de ensayo, valores a calcular, diámetro de la probeta y densidad de la muestra para el óptimo funcionamiento y que serán presentadas en detalle en su capítulo correspondiente. Después de realizar los métodos de prueba se procedió a realizar los ensayos de manera automática ensayo por lo que se requirió ingresar los datos de la probeta que son: longitud, peso, y longitud calibrada.

Debido a que la producción de Novacero S.A. planta Lasso incluye varillas corrugadas de 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28 y 32 mm, se debieron realizar pruebas de funcionamientos de varillas corrugadas de todos estos diámetros. Estas pruebas incluyeron a los extensómetros que se probaron en cada ensayo y método.



**Figura 3.2** Ensayo de tracción de prueba en varilla de 32 mm de diámetro con extensómetro

Además se realizaron pruebas dos pruebas de compresión, una en adoquín para conocer su utilidad y funcionamiento de la máquina y otra esforzándola con una carga del 95% de su capacidad nominal en dos ensayos de compresión, es decir a 57 toneladas para conocer su capacidad.



**Figura 3.3** Ensayo de compresión de prueba en un adoquín

A más de utilizar estas pruebas para confirmar el funcionamiento de la máquina se las realizaron para confirmar la perfecta ejecución y elaboración de los métodos. No se pueden utilizar estas pruebas para confirmar la funcionalidad de los ensayos ya que cada vez que se realiza un nuevo ensayo los parámetros de mismo varían del anterior. Las pruebas requirieron un tiempo de Alrededor de ocho horas tomando en cuenta la realización de los métodos.

A continuación se muestra un resumen de los métodos, que se realizaron utilizando como referencia la norma técnica ASTM E 8M-00. Estos métodos se detallan a continuación al igual que las pruebas realizadas para cada uno de ellos.

**Tabla 3.1 Parámetros variables para métodos de ensayo para varilla corrugada**

	Parámetros Variables	DIAMETROS NOMINALES										
Método	Descripción	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32
<b>SENSORES</b>	Rango (Kg.)	6000	6000	12000	12000	30000	30000	30000	30000	60000	60000	60000
	Tipo Ext. (mm)	25	25	25	25	25	25	25	25	45	45	45
	Escala Ext. (cm)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	Longitud Calibrada. Ext. (mm)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	Límite Ext. (cm.)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,035	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
<b>ENSAYO</b>	Sensibilidad %	40	40	40	35	35	35	30	30	30	25	25
	Velocidad V2 %/min.	30	30	30	30	25	25	25	25	25	25	25
<b>MUESTRA</b>	Longitud Calibrada (cm)	4	5	6	7	8	9	10	11	12,5	14	16
<b>DATOS PROCESADOS</b>	Fórmula 1 Re referencia (Kg/cm <sup>2</sup> )	PIF/ 0,5027	PIF/ 0,785	PIF/ 1,131	PIF/ 1,539	PIF/ 2,010	PIF/ 2,544	PIF/ 3,141	PIF/ 3,801	PIF/ 4,908	PIF/ 6,157	PIF/ 8,042
	CASE: %	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
<b>M. ELÁSTICO</b>	Punto 1 (Kg.)	500	500	1000	2000	2000	3000	3000	5000	5000	5000	5000
	Punto 2 (Kg.)	1500	2000	3000	5000	7000	9000	10000	12000	15000	20000	25000

Tabla 3.2 Parámetros fijos realización métodos

	<b>PARÁMETROS FIJOS</b>	
	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
<b>SISTEMA MÉTRICO</b>	Carga	Kgf
	Desplazamiento	cm
	Esfuerzo	Kgf/cm <sup>2</sup>
	Deformación	%
	Tiempo	segundos
	Módulo Elástico	Kgf/cm <sup>2</sup>
	Energía	Kgf. cm
	Rango	Automático
<b>SENSORES</b>	Canal Extensómetro	Canal 1
	Velocidad Precarga Vi. mm /min.	3
<b>ENSAYO</b>	Velocidad Z Elástica V1 Kgf/mm <sup>2</sup> /s	0,5
	Velocidad Z Plástica V3 mm/min	25
	Forma	Irregular
<b>MUESTRA</b>	Material	Metal
	Unidad de Longitud	cm
	Número de Partidas	1
	Número de Muestras	1
	Peso	en gramos
	Densidad	7,8
	PSF Carga	0,2 - %FS
<b>DATOS PROCESADOS</b>	PSF Esfuerzo	0,2 - %FS
	PIF Carga	OK
	PIF Esfuerzo	LIM INF 4200
	Case 1 Esfuerzo	0,35 - %
	Max Carga	OK
	Max Esfuerzo	OK
	Alargamiento	OK
	<b>GRÁFICO</b>	Eje Y
Máximo		8000
Mínimo		0

	Eje X	Deformación
	Máximo	30
	Mínimo	0
	Desdoblamiento	ON
	Separación	1 Cuadro

Las pruebas realizadas a cada método consistieron en realizar ensayos para cada diámetro de varilla y comprobar que las velocidades, datos ingresados de densidad, longitud calibrada, pesos y demás sean los correctos y los normados, según el caso. También se revisó que las unidades sean concordantes de un dato con otro.

A continuación se justifican los ingresos de estos datos: Cabe recalcar que se muchos de los datos ingresados son de conocimiento empírico o por preferencia. El rango del ensayo sirve para tener mayor precisión en los valores de resistencia. También se utiliza por seguridad de la máquina. Ingresando un rango máximo la máquina se detiene automáticamente si se sobrepasa el rango ingresado. El valor varía para cada diámetro porque la carga es distinta según el área transversal. Al ensayarse varillas de grado 42 la resistencia a la tracción debe ser como mínimo  $6300 \text{ Kg/cm}^2$ . Entonces al multiplicar esta resistencia por el área de cada varilla y por un factor de seguridad de 1.2 se obtienen los siguientes valores;

*Tabla 3.3 Parámetros de realización de métodos según el producto*

<b>Diámetro de la varilla (mm)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Rango teórico (Kg)</b>	<b>Rango máquina (Kg)</b>
VC 8	0,50	3.800,07	6.000
VC 10	0,79	5.937,61	6.000
VC 12	1,13	8.550,16	12.000
VC 14	1,54	11.637,72	12.000
VC 16	2,01	15.200,28	30.000
VC 18	2,54	19.237,86	30.000
VC 20	3,14	23.750,44	30.000
VC 22	3,80	28.738,03	30.000
VC 25	4,91	37.110,06	60.000
VC 28	6,16	46.550,86	60.000
VC 32	8,04	60.801,13	60.000

El valor del extensómetro de 25 o 45 depende netamente del diámetro de la probeta. Para diámetros de más de 24 mm se debe utilizar el extensómetro de 45 y para diámetros menores el extensómetro con denominación 25. Los dos extensómetros adquiridos tienen como rango máximo 25 mm de

desplazamiento, por lo que el valor es este en todos los casos. En el instructivo de “Extensómetros” se explica como se calibra el extensómetro. La calibración se realiza comparando el desplazamiento de un comparador patrón con el valor marcado por el extensómetro. El desplazamiento del patrón es de 50 mm. Esta es la longitud calibrada. Si se calibra con otra longitud se debe ingresar el valor utilizado para la calibración.

El límite del extensómetro es el valor en milímetros al cual el extensómetro deja de enviar señal hacia el computador, es decir es el desplazamiento al que hay que retirar el extensómetro. Este valor se determinó después de varias pruebas para tener una idea aproximada del valor óptimo. Este valor no existe en normas. Por lo general se debe retirar el extensómetro cuando el ensayo ha pasado la zona elástica y pasa a la plástica, ya que el extensómetro se utiliza para obtener la fluencia y el módulo de elasticidad. Ambos valores se obtienen antes de la zona plástica.

La sensibilidad de la máquina al igual que el límite del extensómetro se limitó a partir de los resultados de varias pruebas. La sensibilidad consiste en la toma de señales por segundo que tiene la máquina. Un ensayo muy sensible ocupa mucha memoria y sensa la caída el momento de la ruptura. Ninguna de estas dos situaciones es beneficiosa pero en cambio se obtienen valores más reales. El óptimo valor de sensibilidad consiste en el más sensible posible, sin que sence la caída de esfuerzo el momento de la ruptura. Esta información fue obtenida por el fabricante.

La velocidad V2 es la velocidad a la que se realiza el ensayo una vez que pasó la zona de la fluencia. Esta velocidad está normalizada en la INEN NTE 109 y su valor se expresa en %/min. El porcentaje es el de la longitud calibrada de la varilla por minuto. No se especifica ningún valor mínimo, solo el máximo de 40. La longitud calibrada es la longitud entre marcas que se hacen en la probeta. También este valor está normalizado en la INEN NTE 109 y la ASTM 08 E 8M, en donde consta que la longitud calibrada se puede calcular como el valor del diámetro por un factor de 5.

El valor del %PSF es el porcentaje de deformación a la línea de esfuerzo-deformación. Este valor aparece cuando existe una caída de la carga aplicada en un 0.2%.

Para el cálculo del módulo elástico solo se ingresan dos puntos para que el software realice el cálculo automáticamente. El módulo es la pendiente de la recta de la zona elástica y se calcula en esta zona, por esta razón los dos puntos que se ingresan deben en dicha zona antes de la fluencia. Con los valores del rango, anteriormente calculados, se ingresan dos puntos que garanticen que el cálculo se realizará en esta zona.

Se decidió utilizar el sistema métrico debido a que las normas utilizadas también usan este sistema. Además el Ecuador tiene como sistema nacional de unidades las unidades métricas.

Se decidió utilizar el canal 1 para la instalación del extensómetro. Existen dos canales y dos auxiliares. Se escogió el 1 solo por ser el primero que aparece. Se utiliza la escala automática porque de este modo el extensómetro ajusta su escala sin necesidad de ingresar valores predeterminados.

Todas las velocidades de ensayo se ingresaron bajo la norma ASTM E 8M-00. Esta norma recomienda utilizar velocidades distintas tanto para la zona elástica (V1) como para la plástica (V2, V3). De igual manera recomienda una velocidad de precarga. El valor es el mismo para todas, pero se debe tener en cuenta que la velocidad de la zona elástica depende del área transversal, por lo que la velocidad del ensayo es igual si se ingresan los valores correctos de diámetros.

Los datos de la muestra que se ingresan utilizan el mismo sistema de unidades. Es importante que se ingresen los valores correctos para que el software pueda realizar los cálculos en la misma unidades coherentes. Se eligió la forma irregular de la probeta debido a que las varillas no son regulares por las corrugas que posee.

En el ámbito de los datos procesados se incluyó el PSF, que es el valor en el que inicia la fluencia. Se agregó tanto el valor del esfuerzo como el de la fuerza para utilizarlo en un cálculo a realizarse posteriormente. También se incluyó el valor de PIF, que es el valor más bajo de la fluencia, para usarlo como referencia en el departamento de producción.

El case 1 obtiene la fluencia desde el extensómetro y no desde la máquina directamente. El máximo de la carga y el esfuerzo es un valor que aparece en el informe de resultados de los ensayos, por lo que es necesario incluirlos como datos procesados. De igual manera ocurre con el alargamiento. Para el case 1 se debe trazar una paralela a la línea de deformación elástica. En el caso de varillas de construcción se debe utilizar 0.35% de desplazamiento y no 0.2% como se acostumbra en otro tipo de aceros según la norma ASTM 370 y el reglamento ACI 318.

El gráfico se incluye en el informe. Por esta razón se generó en un formato acorde con las exigencias de la norma INEN 102. En el eje de las "Y" se puede leer el valor del esfuerzo, en el de las "X" se ve la deformación porcentual. El máximo y mínimo es el rango que tiene el gráfico. Suponiendo que la resistencia a la tracción es  $6300 \text{ Kg/cm}^2$ , e rango máximo es de  $8000 \text{ Kg/cm}^2$ . De igual manera el dominio de la deformación es de 30%, porque la norma exige que sea 15% como mínimo. Al activar la función de desdoblamiento se permite al usuario graficar múltiples ensayos para realizar comparaciones. La separación elegida fue de un cuadro entre gráfica y gráfica de cada ensayo.

Una vez realizados los métodos y que la máquina empezó a funcionar automáticamente se realizaron pruebas de los resultados obtenidos en las resistencias de las varillas que produce Novacero S.A. Para darle validez a estas pruebas se realizaron pruebas de las mismas varillas en tres laboratorios que ofrecen el servicio de ensayos de tracción. Los laboratorios contratados para la realización de estas pruebas son: ESPE, INEN y PUCE.

En el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la ESPE se realizaron pruebas de varillas de 8, 10 y 12 mm de diámetro. En el Laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la PUCE se realizaron ensayos de varillas de 14 hasta 20 mm de diámetro y todos estos diámetros se ensayaron también en el INEN.

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos en estos laboratorios se pudo realizar una comparación de los valores que arroja la máquina de ensayos del Laboratorio de Control de Calidad de Novacero S.A. con los valores de las otras instituciones.

Esta comparación da una idea del funcionamiento de la máquina, y de los parámetros de los métodos ingresados en el software de la máquina, obteniéndose los siguientes resultados.

**Tabla 3.4: Resultados comparativos de ensayos de varias instituciones**

No	(mm)	Lugar de ensayo									
		INEN (Referencia)		PUCE				Novacero			
		Re (Kg/cm <sup>2</sup> )	Rm (Kg/cm <sup>2</sup> )	Re (Kg/cm <sup>2</sup> )		Rm (Kg/cm <sup>2</sup> )		Re (Kg/cm <sup>2</sup> )		Rm (Kg/cm <sup>2</sup> )	
M2	10	4590	6972	4330	-5.66%	6620	-5.05%	4492.00	-2.14%	6802.00	-2.44%
M3	10	4482	6743	4300	-4.06%	6570	-2.57%	4344.90	-3.06%	6624.96	-1.75%
M4	12	4476	6864	4450	-0.58%	6799	-0.95%	4422.82	-1.19%	6751.72	-1.64%
M5	12	4410	6731	4350	-1.36%	6614	-1.74%	4355.00	-1.25%	6709.00	-0.33%
M6	14	4466	6951	4430	-0.81%	6942	-0.13%	4460.00	-0.13%	6989.00	0.55%
M7	14	4426	6927	4330	-2.17%	6905	-0.32%	4316.57	-2.47%	6797.67	-1.87%
M8	16	5906	8169	5420	-8.23%	8087	-1.00%	5709.00	-3.34%	8150.00	-0.23%
M9	16	5148	7896	4970	-3.46%	7793	-1.30%	5118.41	-0.57%	7978.34	1.04%
M10	18	4814	7663	4710	-2.16%	7631	-0.42%	4742.18	-1.49%	7641.66	-0.28%
M11	18	4437	7693	4610	3.90%	7611	-1.07%	4590.00	3.45%	7660.00	-0.43%
<b>Error relativo Max:</b>				-8.23%		-5.05%		3.45%		-2.44%	
<b>Promedio</b>				-2.46%		-1.45%		-1.22%		-0.74%	

Ejemplo de cálculo:

Error relativo:

$$\%e = \frac{Re/m_{INEN} - Re/m_{PUCE / NOVACERO}}{Re/m_{INEN}} \times 100$$

$$\%e = \frac{4590 - 4330}{4590} \times 100 \quad (3.1)$$

$$\%e = -5.66\%$$

%e→Error relativo

Re/m<sub>INEN</sub>→Resistencia, ya sea de fluencia (e) o máxima (m) obtenidas por el INEN

Re/m<sub>PUCE/NOVACERO</sub>→Resistencia de fluencia o máxima de los laboratorios de Novacero o la Puce, según sea el caso.

Reproducibilidad:

$$RP = \text{Promedio}_{NOVACERO / PUCE} - \text{Patrón}$$

$$RP = -2.46 - 0 \quad (3.2)$$

$$RP = -2.46\%$$

RP→Error por reproducibilidad

Promedio<sub>NOVACERO/PUCE</sub>→Promedio de errores de los laboratorios de Novacero o la PUCE, según sea el caso

Patrón→Error del INEN. Nótese que, al considerarse el INEN como patrón, el valor de error siempre será cero.

### Variación resistencia a la tracción

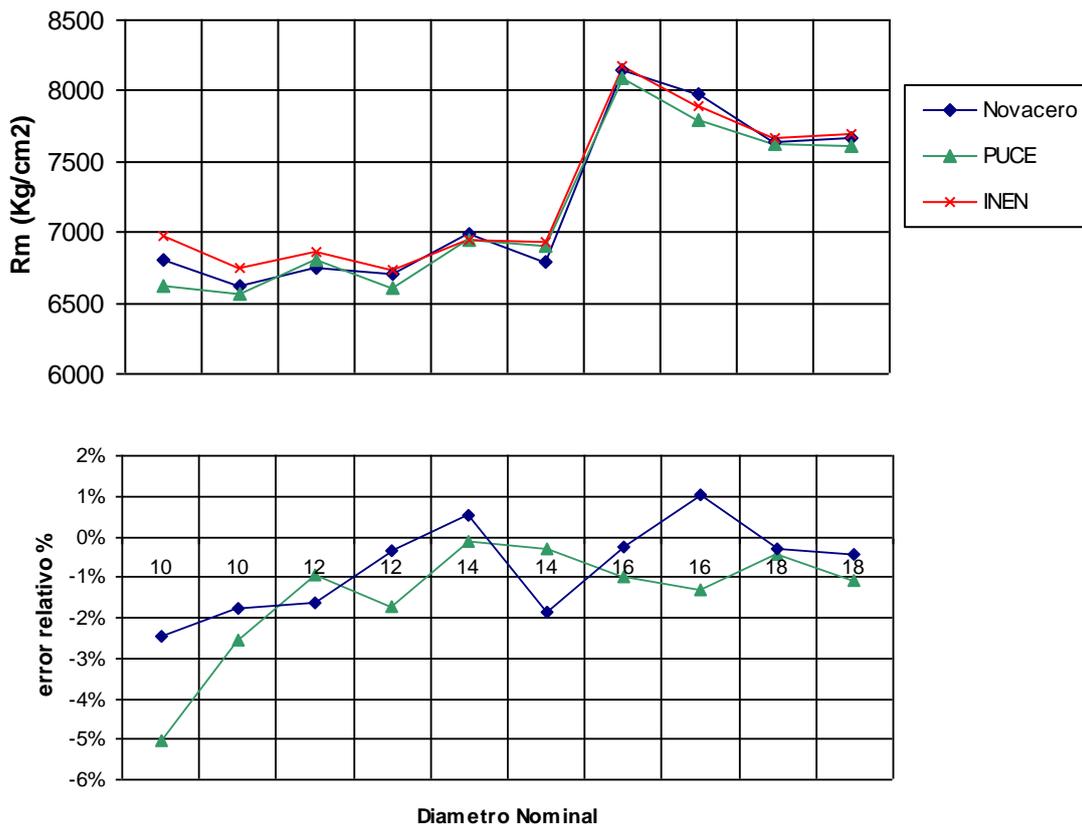
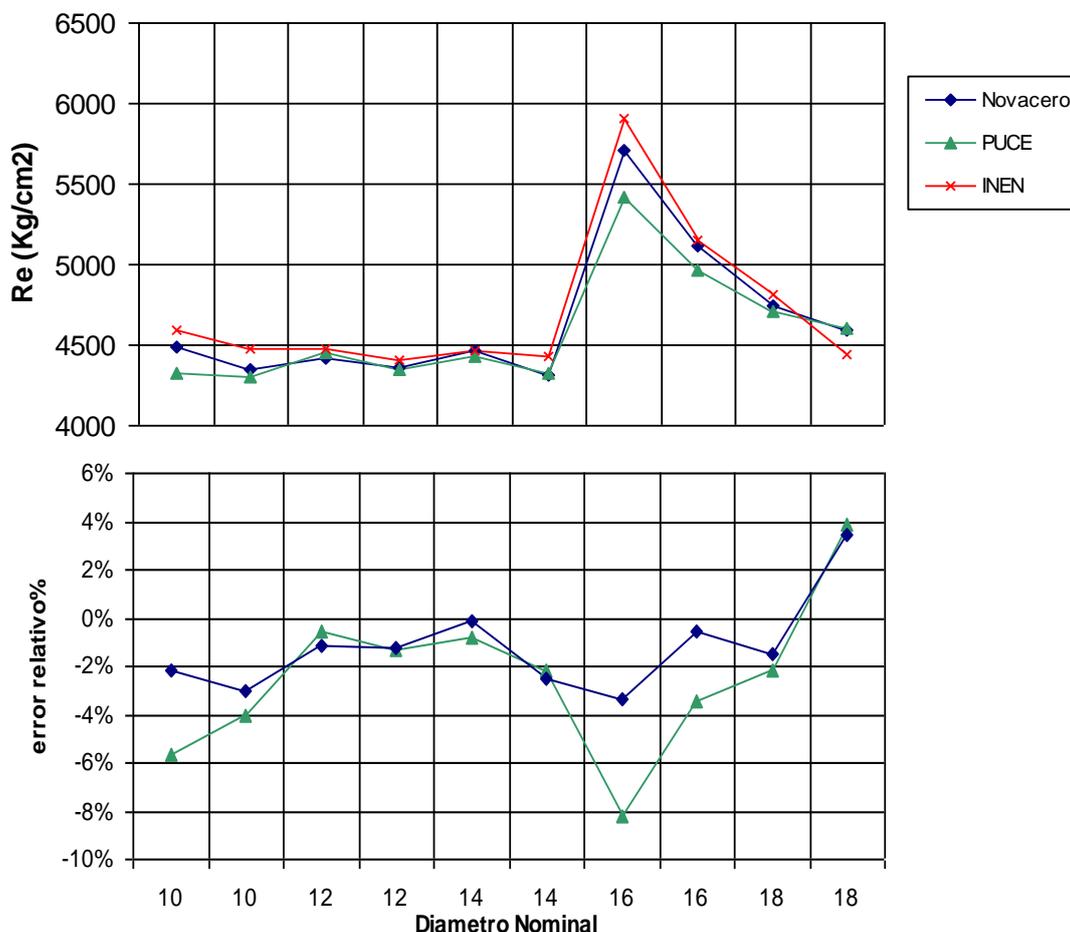


Figura 3.4: Variación de resultados de ensayos con otros laboratorios, en la resistencia a la tracción

### Variación resistencia a la fluencia



**Figura 3.5: Variación de resultados de ensayos con otros laboratorios, en la resistencia a la fluencia**

Para el análisis se consideró a los resultados del INEN como el patrón. A pesar de no contar con patrones certificados se hizo esta consideración por ser la entidad de regulación y normativa. Los resultados obtenidos en los ensayos realizados en las otras instituciones nos muestran que los errores relativos entre el laboratorio de Novacero no superan el 5% con respecto al patrón. También podemos asegurar que el error de reproducibilidad máximo es de 1.22% con el patrón, lo que nos da ventaja con la máquina de la PUCE, cuyo error de reproducibilidad es de 2.46%. Por estas razones se confirma que los resultados que arroja la máquina de ensayos instalada en el laboratorio de Novacero S.A están dentro de los estándares requeridos en el medio y confirman su confiabilidad.

### 3.2 CALIBRACIÓN

La calibración de la Máquina de ensayos universales Shimadzu UH600KN la realizó la empresa Concrelab, que es un laboratorio de ensayos de ingeniería y calibración, ubicado la calle 63D No. 71A-52

en Bogotá D.C. Colombia. Se prefirió realizar la calibración por medio de esta empresa ya que cuenta con los patrones necesarios para calibrar una máquina grado 1, porque su certificado de calibración está reconocido en todo el pacto andino, y además porque sus patrones de calibración son más exigentes que los del INEN.

La trazabilidad de los patrones utilizados fueron realizados por la Superintendencia Industria de Comercio, la misma que certifica los transductores de fuerza utilizados por Concrelab para la calibración de la máquina de ensayos, Se puede acceder a sus certificados en el anexo F.

*Tabla 3.5 Datos de celda de carga a 500 KN/100 KN Concrelab*

Laboratorio	Fuerza
Instrumento	Transductor de carga
<b><i>Fabricante</i></b>	HBM
Modelo	Z4A
Número de serio	0529330075/063430115
Rango de medición	500 KN/100 KN compresión y tensión
Solicitante	Concrelab
Fecha recepción equipo	2006/03/30
Fecha de calibración	2006/04/05-2006/04/10



**Figura 3.6 Celda de carga a 500 KN de Concrelab**

Como se especifica, se utilizaron dos celdas de carga para cubrir todos los rangos de la máquina. Para ello se utilizó la norma técnica ISO 376: 1999, que establece una clasificación del instrumento de medida para cada rango de medición según los resultados que se obtienen. El dispositivo patrón utilizado para la calibración de los transductores fue la máquina hidráulica de referencia marca ERICHSEN 1000 KN, cuya capacidad de medición es de 20 a 1000 KN con una incertidumbre de medición de  $\pm 0.002\%$ .

El procedimiento de la calibración comienza con una inspección visual, estructural y técnico de la máquina de ensayos. Si en caso la máquina no aprobara dicho examen, no se procede a realizar la calibración. El ingeniero mecánico encargado de la calibración procede a realizar el siguiente examen visual:

- Revisa si la máquina de ensayos está nivelada,
- Verifica que la máquina esté protegida contra variaciones de temperatura,
- Advierte si la máquina está expuesta a un ambiente corrosivo.

Siguiente a esto comprueba si la máquina está siendo afectada negativamente por:

- Desgastes notorios o defectos en los elementos guías,
- Desgastes notorios o defectos en las crucetas móviles,
- Aflojamiento en las columnas,
- Aflojamiento en las crucetas fijas,
- Aflojamiento en las poleas de guía.

Luego realiza una inspección de la estructura de la máquina y verifica si:

- El ensayo de tensión se realiza con mordazas y en qué estado están estas,
- El ensayo de tracción se realiza con cabezales y qué estado están estos,
- El ensayo de tracción se realiza con algún tipo de montajes especiales y en qué estado están estos.

Se requirió a continuación realizar el calentamiento de la máquina, previamente explicado, y además se inspeccionó el mecanismo accionador de la máquina revisando si:

- Ascende y desciende la aplicación de la carga uniformemente.
- Es ajustable la velocidad de la máquina con precisión.
- Es posible accionar la máquina manualmente.
- Se alcanza el valor nominal de carga de la máquina. En caso de no alcanzarse se verifica si es por falla o por limitaciones puestas en o por la misma máquina o por el usuario por seguridad.



**Figura 3.7 Medidor digital de deformación de Concrelab**

Luego de estas inspecciones se procedió a montar el primer instrumento de calibración. Este instrumento es un transductor de carga para tensión y compresión con medición digital de deformación. Sus especificaciones técnicas se detallan a continuación:

*Tabla 3.6 Datos de celda de carga escala 500 KN de Concrelab*

***Instrumento Sensor***

<b>Número de serie</b>	052930075
Modelo	Z4A
Señal de cero	-0.00079
Longitud de cable	580 cm
Fabricante	Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM)
Dirección	Im Tiefen See 45
Ciudad / País	Darmsadt / Deutschland
Capacidad	550 KN
<b>Instrumento Indicador Digital</b>	
<b>Capacidad de medición</b>	+/- 2.0 mV / V
Resolución	0.00001 mV / V – 300000 Dígitos
<b>Número de serie</b>	TG001C
Modelo	MGC plus – ML30B
Fabricante	Hottinger Baldwin Messtechnik (HBM)
Dirección	Im Tiefen See 45
Ciudad / País	Darmstadt / Deutschland

Este instrumento cuenta además con acoples de aplicación de carga de tensión propias del transductor.

Una vez conectado y encendido el transductor se debió esperar 30 minutos hasta que se logró estabilizar, para que las medidas que arrojase sean las reales. Al mismo tiempo se revisó la temperatura de inicio de la calibración, siendo esta 22.0 °C.

Entonces se procedió a realizar la calibración en sí. Este procedimiento inicia con una precarga de la máquina sobre el dispositivo de y regresa a su cero original. La precarga se realiza en tres ocasiones después de cada toma de datos y con distintos ceros de la máquina, es decir a distintas alturas del pistón o ariete de carga. A continuación se realizó una carga de 50 kN en 50 kN hasta llegar a los 450 kN de carga de tensión. Los datos tomados por el encargado de la calibración se realizaron en mV que es la unidad que utiliza la celda de carga utilizada en su instrumento de calibración. Después de cada toma de datos se giró la celda de carga 120° por norma y se inicia el proceso nuevamente, obteniéndose los siguientes datos para cada ensayo, respectivamente:

*Tabla 3.7 Datos de voltaje de la celda de carga en la escala de 500 KN*

<b>Fuerza</b>	<b>Ensayo 1 [mV]</b>	<b>Ensayo 2 [mV]</b>	<b>Ensayo 3 [mV]</b>
50	0.1970	0.1992	0.1984
100	0.3967	<b>0.3987</b>	0.3974
150	0.5951	0.5977	0.5976
200	0.7961	0.7975	0.7971
250	0.9954	0.9971	0.9958
300	1.1955	1.1973	1.1947
350	1.3931	1.3960	1.3906
400	1.5928	1.5951	1.5901
450	1.7888	1.7928	1.7876

Finalmente antes de la inspección se midió nuevamente la temperatura que en este caso fue de 23 °C para después llenar un protocolo técnico de calibración en el que además se especifica si:

- Se realizaron mediciones con diferencia en la posición del pistón.
- Se realizó alguna prueba para determinar la influencia de dispositivos adicionales en la indicación.
- Se ajustaron los dispositivos de medición.
- Se realizaron reparaciones durante las mediciones y cuales fueron estas.

Las cartas de calibración utilizadas por Concrelab se muestran a continuación:

*Tabla 3.8 Carta de calibración de la celda de carga de 500 KN*

<b>Celda de Carga de 500KN Fuerza KN</b>	<b>Valores a Tensión</b>		
	<b>Media</b>	<b>Positivo 1%</b>	<b>Negativo 1%</b>
5	-0,02000	-0,02020	-0,01980
10	-0,04000	-0,04040	-0,03960
15	-0,06000	-0,06060	-0,05940
20	-0,08000	-0,08080	-0,07920
25	-0,10000	-0,10100	-0,09900
50	-0,20000	-0,20200	-0,19800
70	-0,28000	-0,28280	-0,27720
90	-0,36000	-0,36360	-0,35640
100	-0,40000	-0,40400	-0,39600
120	-0,47999	-0,48479	-0,47519
150	-0,59998	-0,60598	-0,59398
170	-0,67998	-0,68678	-0,67318
200	-0,79997	-0,80797	-0,79197
220	-0,87997	-0,88877	-0,87117
250	-0,99997	-1,00997	-0,98997

270	-1,07997	-1,09077	-1,06917
300	-1,19997	-1,21197	-1,18797
320	-1,27998	-1,29278	-1,26718
350	-1,40000	-1,41400	-1,38600
370	-1,48001	-1,49481	-1,46521
400	-1,60005	-1,61605	-1,58405
420	-1,68008	-1,69688	-1,66328
450	-1,80013	-1,81813	-1,78213
470	-1,88017	-1,89897	-1,86137
500	-2,00025	-2,02025	-1,98025

Todo este procedimiento de calibración en sí se repitió enteramente, pero en este caso con la celda de carga de 100kN de capacidad. La temperatura para este ensayo fue de 23 °C en su inicio y fin. En este caso, además, se aumentó la carga de 10 kN en 10 kN a excepción de la primera toma que fue a los 5 kN. De igual manera se realizaron tres precargas antes de cada toma de datos, se giró la celda 120° para cada toma, siendo los resultados y carta de calibración respectiva los siguientes:

**Tabla 3.9 Datos de voltaje de la celda de carga de 100 KN**

<b>Fuerza</b>	<b>Ensayo 1 [mV]</b>	<b>Ensayo 2 [mV]</b>	<b>Ensayo 3 [mV]</b>
<b>5</b>	0,1012	0,0995	0,1012
<b>10</b>	0,2015	<b>0,2001</b>	0,2005
<b>20</b>	0,4025	0,4013	0,4008
<b>30</b>	0,6031	0,6016	0,6027
<b>40</b>	0,8038	0,8022	0,8030
<b>50</b>	1,0038	1,0022	1,0038
<b>60</b>	1,2037	1,2024	1,2059
<b>70</b>	1,4020	1,4024	1,4040
<b>80</b>	1,6005	1,6023	1,6043
<b>90</b>	1,8013	1,8019	1,8031

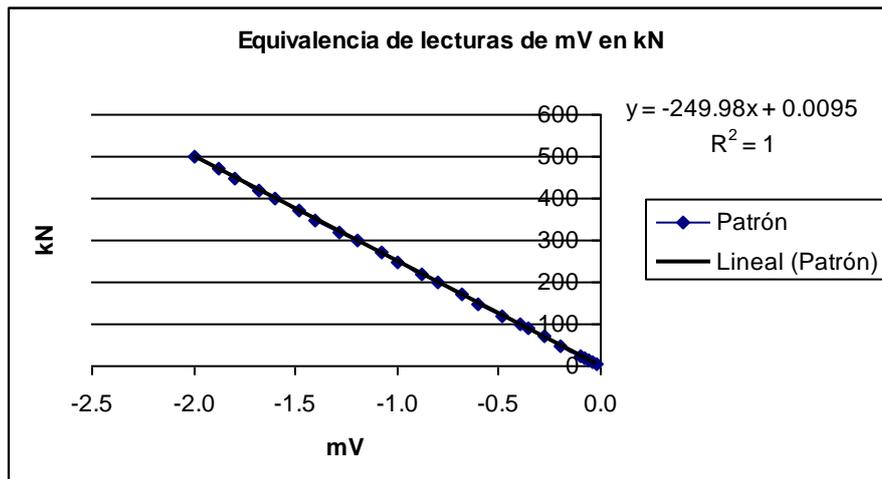
*Tabla 3.10 Carta de calibración de la celda de carga de 100 KN*

Celda de Carga de 100KN Fuerza KN	Valores a Tensión		
	Media	Positivo 1%	Negativo 1%
5	-0,10005	-0,10105	-0,09905
10	-0,20010	-0,20210	-0,19810
15	-0,30015	-0,30315	-0,29715
20	-0,40019	-0,40419	-0,39619
25	-0,50023	-0,50523	-0,49523
30	-0,60027	-0,60627	-0,59427
35	-0,70030	-0,70730	-0,69330
40	-0,80034	-0,80834	-0,79234
45	-0,90037	-0,90937	-0,89137
50	-1,00041	-1,01041	-0,99041
55	-1,10044	-1,11144	-1,08944
60	-1,20048	-1,21248	-1,18848
65	-1,30051	-1,31352	-1,28750
70	-1,40055	-1,41456	-1,38654
75	-1,50059	-1,51560	-1,48558
80	-1,60063	-1,61664	-1,58462
85	-1,70067	-1,71768	-1,68366
90	-1,80071	-1,81872	-1,78270
95	-1,90076	-1,91977	-1,88175
100	-2,00081	-2,02082	-1,98080

El reporte de la calibración muestra la equivalencia de los datos tomados en mV a kN y se muestran a continuación para la escala de 500kN:

**Tabla 3.11 Equivalencias en kN de resultados de medición en la escala de 500 KN**

% Carga	Lecturas transductor de carga [mV]				Lecturas equivalentes [kN]				Indicador de la máquina [kN]
	L1	L2	L3	Promedio	L1	L2	L3	Promedio	
8.3	-0.1970	-0.1992	-0.1984	-0.1982	49.495	49.794	49.595	49.545	50.0
16.7	-0.3967	-0.3937	-0.3974	-0.3959	99.164	99.664	99.339	99.252	100.0
25.0	-0.5951	-0.5977	-0.5976	-0.5968	148.758	149.408	149.383	149.071	150.0
33.3	-0.7961	-0.7975	-0.7971	-0.7969	198.999	199.349	199.249	199.124	200.0
41.7	-0.9954	-0.9971	-0.9958	-0.9961	248.812	249.237	248.912	248.862	250.0
50.0	-1.1955	-1.1973	-1.1947	-1.1958	298.821	299.271	298.621	298.721	300.0
58.3	-1.3931	-1.396	-1.3906	-1.3932	348.2	348.925	347.575	347.888	350.0
66.7	-1.5928	-1.5951	-1.5901	-1.5927	398.097	398.672	397.422	397.760	400.0
75.0	-1.7888	-1.7928	-1.7876	-1.7897	447.062	448.062	446.763	446.913	450.0



**Figura 3.8 Modo de transformación de mv a KN para la escala de 500KN**

A continuación se realizarán los cálculos de los errores de repetibilidad y de exactitud, que son los parámetros que califican el grado de la máquina. Es importante notar que se realizan los dos cálculos de manera porcentual, ya que la máquina es de grado 1 y esto implica que ningún error porcentual debe ser superior al 1%.

**Tabla 3.12 Errores de exactitud y repetibilidad, en la escala 500kN**

Indicador máquina [kN]	Lecturas [kN]			Promedio	Porcentaje de errores (%)		Incertidumbre [kN]
	L1	L2	L3		Repetibilidad %R	Exactitud %e	
50	49.495	49.794	49.595	49.63	0.60	-0.74	0.299
100	99.164	99.664	99.339	99.39	0.50	-0.61	0.5
150	148.758	149.408	149.383	149.18	0.44	-0.54	0.65
200	198.999	199.349	199.249	199.20	0.18	-0.40	0.35
250	248.812	249.237	248.912	248.99	0.17	-0.41	0.425
300	298.821	299.271	298.621	298.90	0.22	-0.37	0.65
350	348.2	348.925	347.575	348.23	0.39	-0.50	1.35
400	398.097	398.672	397.422	398.06	0.31	-0.48	1.25
450	447.062	448.062	446.763	447.30	0.29	-0.60	1.299

Ejemplo de cálculo de los errores:

Repetibilidad:

$$R1 = L_{MAX} - L_{MIN}$$

$$\%R = \frac{R1}{L} \times 100\% \quad (3.3)$$

$$\%R = \frac{49.794 - 49.495}{49.63} \times 100\%$$

$$\%R = 0.60\%$$

R1 → Repetibilidad

%R → Error relativo de repetibilidad

L<sub>MAX</sub> → Lectura obtenida con el valor máximo

L<sub>MIN</sub> → Lectura obtenida con el valor mínimo

L<sub>RAYA</sub> → Promedio de las tres lecturas.

Exactitud:

$$\%e = \frac{\bar{L} - L_{NOM}}{L_{NOM}} \times 100\%$$

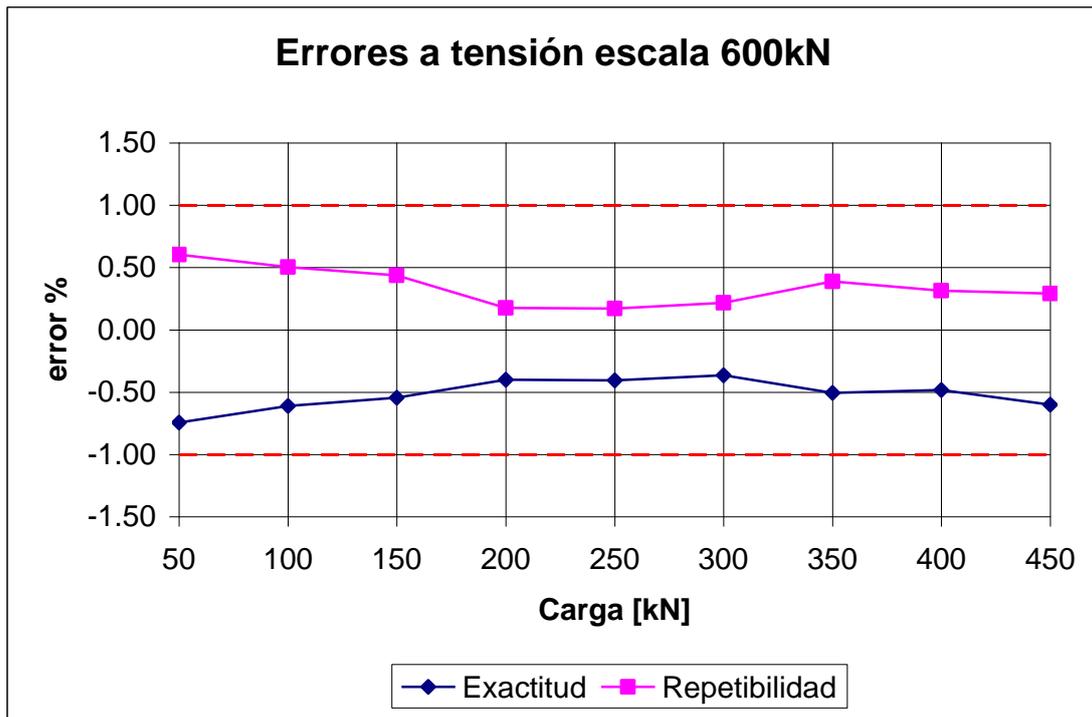
$$\%e = \frac{49.63 - 50}{50} \times 100\% \quad (3.4)$$

$$\%e = -0.74\%$$

%e → Porcentaje de error de exactitud

L<sub>NOM</sub> → Lectura de la máquina

L<sub>RAYA</sub> → Promedio de las lecturas. Estos cálculos se aplican para las dos escalas, 500KN y 100 KN, utilizadas en la calibración.



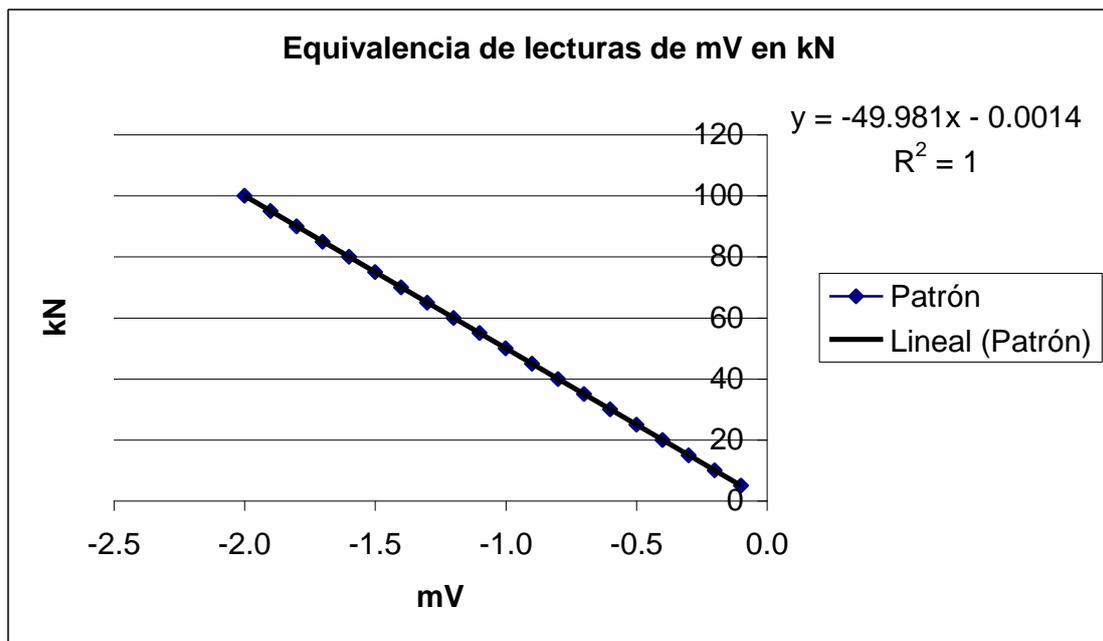
**Figura 3.9 Errores de exactitud y repetibilidad en la escala de 500kN**

El reporte de la calibración muestra la equivalencia de los datos tomados en mV a kN y se muestran a continuación para la escala de 100kN:

**Tabla 3.13 Equivalencias en kN de resultados de medición en la escala de 100 KN**

% Carga	Lecturas transductor de carga [mV]				Lecturas equivalentes [kN]				Indicador de la máquina [kN]
	L1	L2	L3	Promedio	L1	L2	L3	Promedio	
5	-0,1000	-0,0995	-0,1012	-0,1002	5.056	5.031	5.056	5.048	5
10	-0,2015	-0,2001	-0,2005	-0,2007	10.087	9.997	10.017	10.034	10

20	-0,4025	-0,4013	-0,4008	-0,4015	20.108	20.048	20.023	20.060	20
30	-0,6031	-0,6016	-0,6027	-0,6025	30.130	30.055	30.110	30.098	30
40	-0,8038	-0,8022	-0,8030	-0,8030	40.156	40.078	40.116	40.117	40
50	-10,038	-10,022	-10,038	-10,033	50.147	50.067	50.147	50.120	50
60	-12,037	-12,024	-12,059	-12,040	60.133	60.068	60.143	60.115	60
70	-14,020	-14,024	-14,040	-14,028	69.989	70.059	70.139	70.062	70
80	-16,005	-16,023	-16,043	-16,024	79.955	80.045	80.145	80.048	80
90	-18,013	-18,019	-18,031	-18,021	89.986	90.016	90.076	90.026	90

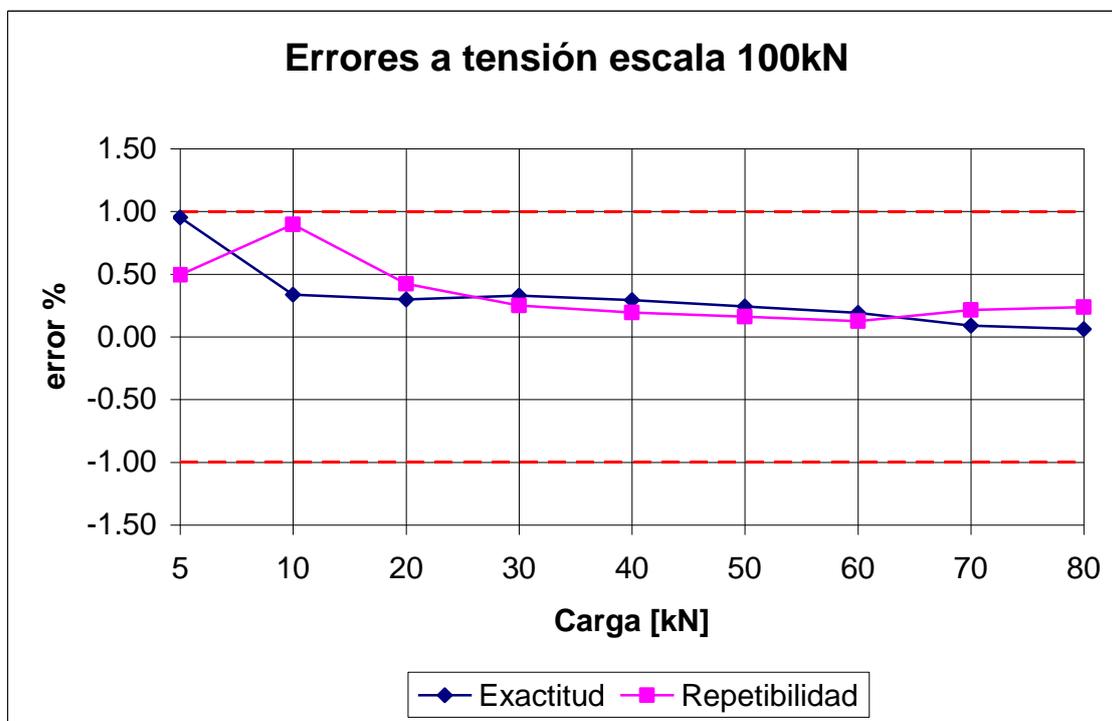


**Figura 3.10: Modo de transformación de mv a KN para la escala de 100KN**

**Tabla 3.14 Errores de exactitud y repetibilidad, en la escala 100kN**

Indicador máquina [kN]	Lecturas [kN]				Porcentaje de error %		Incertidumbre
	L1	L2	L3	Promedio	Repetibilidad %R	Exactitud %e	
5	5.056	5.031	5.056	5.048	0.50	0.95	0.025
10	10.087	9.997	10.017	10.034	0.90	0.34	0.09
20	20.108	20.048	20.023	20.060	0.42	0.30	0.085
30	30.130	30.055	30.110	30.098	0.25	0.33	0.075

40	40.156	40.078	40.116	40.117	0.19	0.29	0.078
50	50.147	50.067	50.147	50.120	0.16	0.24	0.08
60	60.133	60.068	60.143	60.115	0.12	0.19	0.075
70	69.989	70.059	70.139	70.062	0.21	0.09	0.15
80	79.955	80.045	80.145	80.048	0.24	0.06	0.19
90	89.986	90.016	90.076	90.026	0.10	0.03	0.09

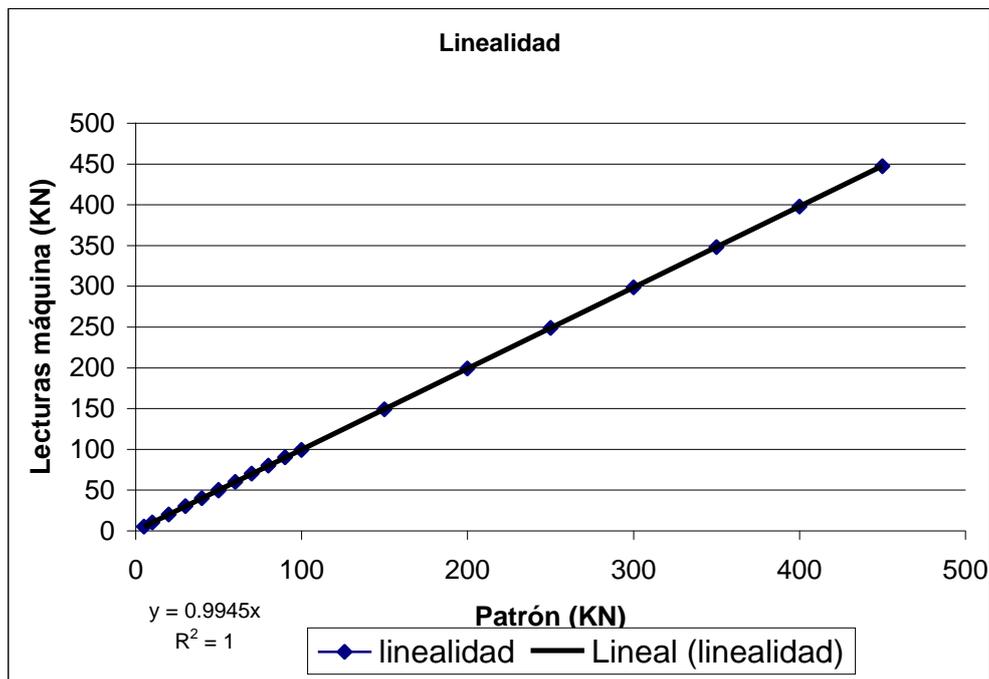


**Figura 3.11 Errores de exactitud y repetibilidad en la escala de 100kN**

Como se puede observar las celdas de carga son casi de comportamiento lineal, lo que permite obtener una equivalencia de mV a KN con la ecuación de una recta simple en los dos tipos de escala empleados. Toda la calibración requirió de alrededor de nueve horas en total.

También se puede comprobar, en las dos escalas, que los errores máximos de repetibilidad y exactitud no superan el 1%. Por esta razón el certificado emitido por el laboratorio de metrología de Concrelab cataloga a la máquina Shimadzu UHI 600 KN como una máquina de ensayos de grado 1, que quiere decir que su error máximo es del 1%, como lo asegura el fabricante antes de entregar su producto. El informe entregado por Concrelab se encuentra en el Anexo G.

La linealidad se expresa como la diferencia de los errores de exactitud entre los valores que arroja la máquina con los de la celda de carga patrón en ambas escalas. Uniendo las lecturas de las dos escalas en un grafico podemos comprobar que los errores de exactitud mantienen una tendencia lineal con una diferencia de -0.55% con respecto al patrón. La intersección en el origen se comprobó durante la calibración al hacer una lectura con la máquina sin carga antes y después de tomar el resto de lecturas.



**Figura 3.12 Linealidad de la máquina**

Ecuación curva patrón:  $y = x$  (3.5)

Ecuación curva de la máquina:  $y = 0.9945x$  (3.6)

%error =  $100(0.9945 - 1) = -0.55\%$  (3.7)

### 3.3 CAPACITACIÓN

La capacitación al personal responsable del laboratorio de control de calidad y a los responsables de este proyecto se realizó el 2 de noviembre de 2006. Esta capacitación incluyó los temas que se encuentran en distintos manuales del actual proyecto y se detallan a continuación:

1. Operación y manejo de la máquina universal de ensayos.

- 1.1 Nombre y función de cada componente.
    - 1.1.1 Sistema hidráulico
    - 1.1.2 Mordazas
    - 1.1.3 Dispositivos para ensayo de compresión
    - 1.1.4 Unidad de control
  - 1.2 Operaciones básicas.
    - 1.2.1 Encendido de la máquina
    - 1.2.2 Ajuste del LCD
    - 1.2.3 Ajuste de las unidades
    - 1.2.4 Calibración del amplificador de carga o celda de carga
    - 1.2.5 Ajuste del rango de carga
    - 1.2.6 Ajuste del extensómetro
  - 1.3 Ensayo manual
    - 1.3.1 Ensayo de tensión
    - 1.3.2 Ensayo de compresión
  - 1.4 Ensayo automático
    - 1.4.1 Ensayo de tensión
    - 1.4.2 Ensayo de compresión
  - 1.5 Operaciones avanzadas
    - 1.5.1 Archivo de ensayos
    - 1.5.2 Explicación valores de esfuerzo
    - 1.5.3 Ajuste de parámetros
  - 1.6 Mantenimiento y limpieza del equipo.
- 
- 2. Manejo del software Trapezium2
    - 2.1 Descripción del sistema
    - 2.2 Edición de usuarios y administradores
    - 2.3 Creación de métodos de acuerdo a la norma ASTM E 8M 00
      - 2.3.1 Ajuste del sistema
      - 2.3.2 Sensores a monitorear
      - 2.3.3 Preparación del ensayo de acuerdo a velocidades
      - 2.3.4 Características de las probetas
      - 2.3.5 Selección de los parámetros procesados y calculados por el software
      - 2.3.6 Creación de fórmulas
      - 2.3.7 Cálculos estadísticos
      - 2.3.8 Diseño del reporte del ensayo
    - 2.4 Almacenamiento y re análisis de un ensayo
    - 2.5 Edición de ensayos
    - 2.6 Creación de plantillas en Excel para informes

### 3. Disposiciones de seguridad

- 3.1 Montaje de muelas y mordazas
- 3.2 Shock eléctrico
- 3.3 Sobrecarga de la máquina
- 3.4 Botón de paro de emergencia
- 3.5 Retorno de la máquina
- 3.6 Equipo de seguridad
- 3.7 Remoción del extensómetro

Se requirieron de 32 horas para terminar el curso de capacitación. Este mismo curso se impartió desde el 23 de enero de 2007 a cargo de los responsables de este proyecto. En esta ocasión se diferenció la capacitación en dos grupos. Uno se hizo para el jefe de calidad y el otro al laboratorista quien opera la máquina. Se hizo esta diferenciación debido a que el software de la máquina da privilegios de administrador y de usuario. En esta ocasión se hizo más énfasis en el ámbito de los instructivos y normas de seguridad de operación. Finalmente se agregó el mantenimiento preventivo de la máquina y la solución de los problemas más comunes que fueron apareciendo conforme se realizaban ensayos para que no sufra daños.

Al saber que el laboratorio y los procedimientos realizados entrarían en auditoría interna, inicialmente, se realizó la capacitación del personal encargado cumpliendo con lo que estipula la norma ISO 17025 e INEN 1700, que indican que el personal que realiza los ensayos debe estar capacitado, y que debe haber responsables de los resultados y de la misma máquina.

De igual manera, según la norma, se tomó una prueba práctica y una prueba teórica de los tópicos tratados en el curso para evaluar de alguna manera el conocimiento del tema, para que cuando se realice la auditoría y la certificación los procedimientos sean los mismos y sean los adecuados para la obtención de la certificación del laboratorio.

## **CAPÍTULO 4**

### **PROCEDIMIENTOS PARA LA CERTIFICACIÓN**

#### **4.1 MANUAL DE PROCEDIMIENTOS**

Los procedimientos fueron creados en forma de manual de calidad para que se evite el manejo de documentación paralela, ya que la institución tiene ya su manual de procedimientos con el fin de cumplir con la norma ISO 9001. Este manual contempla todas las actividades que se realizan dentro del laboratorio

con alcance de todas las actividades vinculadas con el ensayo de tracción para varillas corrugadas de 8 hasta 32 mm:

Para la realización de los procedimientos se utilizaron las normas NTE INEN 102, NTE INEN 109 y la norma ASTM E 8M-00 (anexo E), y serán nombradas a lo largo del manual, según corresponda.

La norma NTE INEN 102 exige la realización del ensayo de tracción como parte del aseguramiento de las propiedades mecánicas del producto terminado que Novacero S.A. ofrece. La planta industrial se rige con esta norma técnica, por lo que es primordial que se realicen dichos ensayos. Las otras dos normas explican como se realizan estos ensayos de manera general, por lo que este escrito pretende ser una guía específica de cómo realizar los ensayos de tracción en las varillas corrugadas que produce Novacero SA.

La norma recomienda la realización de probetas para muestras de sección rectangular, cuadrada. En el caso de las secciones circulares, como es el caso de la varilla con resaltes, se recomienda tan solo que se utilicen probetas para varillas de un diámetro mayor o igual a 32 mm.

El manual de procedimientos o manual de calidad del laboratorio se encuentra al final de este capítulo en el anexo W.

## 4.2 MANUAL DE REGISTROS

Todos los registros existentes actualmente en el laboratorio fueron generados por requerimientos de la norma NTE INEN-ISO/IEC 17025-2006. Para implementar la gestión de calidad es imperativo tener total control de documentación de toda actividad que se realice dentro del laboratorio. Los informes de los ensayos de tracción en varilla corrugada se generan de la siguiente manera:

- Un informe destinado al archivo de la empresa por cada ensayo realizado, el cual se mantiene en una computadora destinada para esto y se imprime un respaldo en papel.
- Un reporte de varios ensayos que nos permita hallar estadísticas, tendencias, etc. según el requerimiento de la empresa.

Estos informes deben obedecer a la norma INEN 109 sobre el ensayo de tracción para el acero y a la norma INEN 102 para varillas corrugadas de acero. Las unidades en las cuales se envían los reportes son las siguientes (INEN 109)

*Tabla 4.1 Unidades del modelo de un registro*

Parámetro	Símbolo	Unidad	Aproximación
-----------	---------	--------	--------------

Resistencia a la fluencia	Re	kgf/cm <sup>2</sup>	0,01
Resistencia máxima	Rm	kgf/cm <sup>2</sup>	0,01
Alargamiento	A	%	0,1

En los reportes e informes también se debe especificar cuales son los valores mínimos que la norma exige para asegurar la calidad de la varilla y a su vez indicar si pasa o no pasa la norma. Estos valores los da la norma INEN 102 y son los siguientes:

*Tabla 4.2 Parámetros obligatorios de un registro*

Parámetro	Símbolo	Valor Mínimo
Resistencia a la fluencia	Re	4200 kgf/cm <sup>2</sup>
Resistencia máxima	Rm	6300 kgf/cm <sup>2</sup>
Alargamiento	A	15 %
Relación Rm/Re	Rm/Re	1.25

El gráfico esfuerzo deformación y la descripción de la ubicación y el tipo de falla también debe constar en los informes de cada ensayo, esta información es importante para ver el comportamiento de acuerdo al tipo del material.

De igual manera se generaron todos los registros que exige la norma NTE INEN ISO/INEN 17025:2006, para el cumplimiento de la gestión de calidad.

Debido a que la empresa cuenta con la certificación de la norma técnica ISO 9001, existen registros ya generados. Tanto los registros se encuentran en el anexo X, al final de este capítulo.

### **4.3 MANUAL DE INSTRUCTIVOS**

Los instructivos generados en este apartado están direccionados al buen manejo de la máquina de ensayos así como sus accesorios para evitar daños en la máquina y en sus operadores. También incluye el mantenimiento preventivo tanto de la máquina como de los extensómetros. Todos los instructivos generados para este proyecto se encuentran en el anexo Y.

### **4.4 MANUAL DE MÉTODOS**

El manual de métodos de trabajo es la guía que explica como se realizan los registros, ensayos y todas las actividades que se realizan dentro del laboratorio en lo que a ensayos de tracción se refiere. También

da las pautas para poder garantizar la calidad del ensayo y la confiabilidad de sus resultados, que en este caso significa que se realicen los ensayos de la manera correcta, utilizando los procedimientos y métodos, instrucciones descritos en los manuales. De igual manera promueve la utilización de las disposiciones de seguridad necesarias para la realización de los ensayos de manera segura para el operador como para la máquina. Otro aspecto muy importante que genera este manual es la utilización de registros de todas las actividades que se realizan dentro del laboratorio. Esto se realiza en cumplimiento de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.

Todos los métodos de trabajo se encuentran al final de este capítulo en el anexo Z

## **4.5 AUDITORÍA INTERNA**

La auditoría interna se realizó fuera del plan anual de auditorías internas que maneja la empresa porque se incluyó la auditoría del laboratorio de acuerdo a esta norma desde que se propuso la realización del actual proyecto.

Para esto se elaboró el diseño de la auditoría según lo estipulado en el método P-AU, que es el procedimiento de auditorías que se realiza dentro de Novacero. A continuación se explican los pasos que se siguieron para la realización de la auditoría:

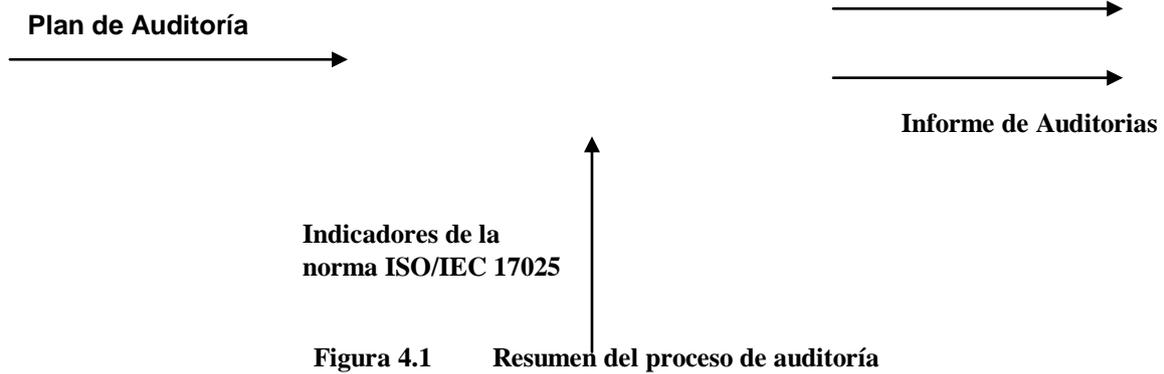
1. Inicialmente se determinan los objetivos de la auditoría. En base a estos objetivos se realiza un plan de auditoría. Los objetivos son los siguientes:

- Determinar si el sistema de gestión del laboratorio cumple con la documentación establecida en base a los requisitos de las Normas ISO 9001:2000 Y NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.
- Dar información a la Dirección sobre los resultados de la auditoría.
- Identificar oportunidades de mejoramiento en las actividades desarrolladas dentro del laboratorio.
- Verificar el cumplimiento de los requisitos del laboratorio de Control de Calidad en el ensayo de tracción en base a la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006.
- Unificar el Criterio en las Interpretaciones de los procedimientos.

2. Después se define el alcance de la auditoría, que aplica al ensayo de tracción del laboratorio de Control de Calidad de Novacero S.A. planta Lasso desde la planificación de las auditorías internas hasta el Informe de las auditorías y la toma de acciones a las desviaciones.

**Acciones Correctivas y Preventivas**

**AUDITORIAS  
INTERNAS**



3. Después se designa un auditor líder de la lista de auditores calificados que maneja la empresa. Este auditor elige al grupo auditor que lo acompañará durante la elaboración de la auditoría. Entonces el grupo auditor es el encargado de elaborar el plan de auditoría, la lista de verificación, ejecutar la auditoría y emitir el resultado de la auditoría. Se designó al Ingeniero Ángel Camalle como auditor líder, quien a su vez eligió como equipo auditor al Ingeniero Juan Jácome y a la Ingeniera Adriana Pulgar.
4. Se les entregó, a continuación, una copia de la norma NTE INEN NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 y el plan de auditoría una semana antes del 15 de marzo de 2007, día de la auditoría. Los auditores elaboraron la lista de verificación en base al plan de auditoría, eliminando los ítems de la norma que no aplican al laboratorio que pueden ser observados en el anexo H.
5. Entonces se realiza la auditoría, iniciándola con una reunión de apertura que registra los nombres y firmas de los asistentes a la reunión. Los asistentes están conformados por las personas que serán auditadas y por el equipo auditor. También pueden asistir personas de la empresa interesadas en la auditoría. Al final de la auditoría se realiza otra reunión con las mismas características, llamada reunión, donde también se registran los nombres de los asistentes. En esta reunión se tratan los resultados obtenidos de la auditoría.
6. A continuación el equipo auditor realiza un informe de la auditoría donde se explican brevemente las no conformidades o hallazgos que se encontraron en la realización de la misma. El informe de auditoría se emite con la firma del equipo auditor y debe ser firmado también por las personas auditadas. Si existe alguna divergencia el líder auditor debe realizar las explicaciones del caso.
7. A continuación se debe realizar un plan de acciones correctivas, preventivas o de mejora, según sea el caso. Este plan se debe presentar a la dirección y al líder auditor para la implementación

de estas mejoras y no obtener no conformidades cuando se realice la próxima auditoría según el plan anual de auditorías.

Previa a la auditoría se realizó una autoevaluación utilizando para este fin el plan de auditoría diseñado. Los resultados de esta autoevaluación se encuentran en el anexo H. De igual manera los registros y el resultado de la auditoría se encuentran en el anexo H. Los certificados de los auditores calificados se encuentran en el anexo H.

La auditoría exige que se realice un plan de correcciones de las no conformidades con la norma en un plazo máximo de tres días. Entonces, cualquier día en los próximos seis meses desde la realización de la auditoría, se puede realizar el cierre de auditoría, sin previo aviso. El cierre de auditoría consiste en ver si se realizaron o se están realizando los planes correctivos de las no conformidades que se evaluarán en la siguiente auditoría interna.

El plan correctivo de las no conformidades es el siguiente:

- De acuerdo al incumplimiento con el numeral 5.3.2 de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 se realizó una solicitud de compras al departamento de bodegas y despachos para la adquisición de persianas para el laboratorio, para que de este modo la luz directa del sol no afecte a la máquina de ensayos Shimadzu UHI600KN.
- Para el registro de conversaciones mantenidas con el cliente inexistente de acuerdo al numeral 4.4.2, se propuso la creación de un registro en el que conste la fecha el tema y las conclusiones de la conversación acompañados de las firmas de las dos partes, tanto del cliente como la del representante del laboratorio.
- Para el incumplimiento del numeral 4.11.5 se propuso la creación de un numeral en el plan anual de auditorías, en el que se incluye la realización de auditorías internas en caso de sospechar el incumplimiento de la norma ISO/IEC 17025 o del incumplimiento del sistema de gestión de calidad del laboratorio, ya que las auditorías se realizan, actualmente, solo bajo el plan de auditorías internas que maneja la empresa actualmente.
- Para el incumplimiento del numeral 4.15.1 se propuso la creación de un registro para que se realicen las revisiones del sistema de gestión de calidad del laboratorio por parte de la alta dirección.
- El incumplimiento con el numeral anterior no incluye solamente con la inexistencia del registro si no también con la no realización de las revisiones al sistema de calidad por parte de la alta dirección. Para ello se propuso la inclusión de un numeral en el registro F-GE.06 “Revisión de no conformidades” la implementación y seguimiento de las acciones correctivas y preventivas por parte de la dirección, para el cumplimiento del numeral 4.15.2 de la norma ISO/IEC 17025.
- El incumplimiento del numeral 5.10.9 de la norma desemboca en la inclusión de un numeral en el manual de registros que especifica que cualquier cambio al informe de

ensayos de tracción se deben realizar como un nuevo documento declarados como suplemento al original que fue modificado.

- La auditoría encontró la falta de seguridad de la información en incumplimiento con el numeral 5.4.7.2 de la norma ISO/IEC 17025, ya que la computadora que realiza los ensayos de tracción automáticamente presenta graves fallas como apagones repentinos. De igual manera el sistema de guardar back ups, de la información que maneja la empresa no está incluido en esta computadora. Para depurar este incumplimiento se debe mencionar que se realizaron varias solicitudes al departamento de sistemas de la empresa para solucionar este problema, pero no se encontró la solución al problema. Por esta razón se propuso generar una solicitud al departamento de bodegas y despacho para la adquisición de una nueva computadora con los requerimientos técnicos que propone el fabricante de la máquina de ensayos. También se propone la realización de una solicitud al departamento de sistemas para la inclusión del programa de resguardo de la información para la computadora que realiza los ensayos automáticos en la máquina de ensayos.
- Para solucionar el incumplimiento con el numeral 5.3.4 de la norma se propone señalar el área de seguridad de la máquina de ensayos que se encuentra a un metro de distancia. Para ello se incluye una solicitud de adquisición al departamento de bodegas y despachos para la compra de pintura negra y amarilla para la delimitación de seguridad de la máquina de ensayos.

## **ANEXO W**

### **MANUAL DE CALIDAD**

**ANEXO X**  
**MANUAL DE REGISTROS**

**ANEXO Y**  
**MANUAL DE INSTRUCTIVOS**

# ANEXO Z

## MANUAL DE MÉTODOS

### CAPITULO 5

#### ANALISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

##### 5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO

La instalación y puesta a punto de una maquina de ensayos de tracción y la elaboración de métodos de trabajo normalizados le ha permitido a Novacero S.A. tener un mejor control de calidad sobre sus productos; por esto el proyecto no es considerado como una inversión a ser recuperada con el tiempo, sino mas bien una que permita a sus productos alcanzar los estándares de calidad nacionales e internacionales.

Sin embargo, durante el transcurso del proyecto se ha analizado los costos de realizar los ensayos con la nueva máquina y los de realizar ensayos en laboratorios externos y se ha obtenido el siguiente análisis.

##### 5.1.1 COSTO DEL PROYECTO

###### 5.1.1.1 Costos Indirectos

Tabla 5.1 Costos indirectos, rubro del personal

No	Personal	[horas]	[USD/h]	Total
1	Ing. Adriana Pulgar	50	15	750
1	Asesoría Técnica (Ing Edgar Peña)	10	20	200
			<b>TOTAL:</b>	<b>950</b>

Tabla 5.2 Costos indirectos, misceláneos

Descripción	[USD]
Suministros de Oficina	300
Combustibles	300
Alimentación	400

Materiales Varios	50
<b>TOTAL:</b>	<b>850</b>
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>1800</b>

## 5.1.1.2. Costos Directos

**Tabla 5.3 Honorarios a Profesionales**

No	Personal	[horas]	[USD/h]	Total (USD)
1	Director de Tesis	50	15	750
1	Codirector de Tesis	30	15	450
<b>TOTAL</b>				<b>1200</b>

**Tabla 5.4 Remuneración a no profesionales**

Cant	Personal	[horas]	[USD/h]	Total (USD)
1	Auxiliares de Planta	30	5	150
2	Albañiles	16	2	64
1	Electricistas	10	3	30
1	Soldadores	4	10	40
<b>TOTAL</b>				<b>284</b>

**Tabla 5.5 Otros Costo Directos**

Cant.	Descripción	USD/unidad	TOTAL (USD)
<i>Cimentación</i>			
2	Varillas para cimentación (estructura y tierra)	30 /quintal	60
	Hormigón		200
	Agua		10
4	Realización Planos	25	100
	Pintura	40	40
	Sellante para hormigón Sikadur		250
	Turbo PVC para anclajes		20
	Uso de equipo de construcción (apisonadora, soldadora, mezcladora, taladro)		100
150	Plancha de Poliuretano aislante de vibración		150
<i>Montaje</i>			

	Uso de montacarga para transporte Máquina	60/hora	60
8	Platinas para Nivelar	1	8
30	Pernos, Tuercas	0.50	15
1	Limpiador Metálico Spartan	25 U\$/galón	25
2	Aceite Hidráulico para proteger partes	10 U\$/ litro	20
<i>Instalación</i>			
1	Computadora Pentium 4		600

**Tabla 5.5 Otros Costo Directos (continuación)**

4	Cables	10	40
	Electricidad		100
1	Regulador de Voltaje para Computador	40	40
1	Breaker para Maquina de Ensayos	30	30
6	Fluido Hidráulico	15	90
1	Guaípe	5	5
4Kg	Grasa de Litio para sinfines	10	40
	Juego de cobertores para Maquina	200	200
<i>Puesta a Punto</i>			
4	Obtención Normas	20	80
1	Uso Laboratorios ESPE		60
150	Varillas para Pruebas		150
1	Uso Talleres Novacero		100
1	Calibración Concrelab	500	500
1	Elaboración de Carteles de Instrucciones	100	100
1	Capacitación uso de la máquina	500	500
<b>TOTAL:</b>			<b>3.693</b>

**Tabla 5.6 Remuneraciones a Estudiantes**

Nombre	Cargo	Tiempo (H)	Valor H (USD)	Costo total (USD)
Sr. Esteban Miño	Responsable del Proyecto	200	3	600
Sr. Sebastián Reyes	Responsable del Proyecto	200	3	600
<b>TOTAL:</b>				<b>1200</b>

**Tabla 5.7 Costo total del proyecto**

Total Costos Indirectos	<b>1800 USD</b>
-------------------------	-----------------

Total Costos Directos	6377 USD
<b>TOTAL (USD)</b>	<b>8177 USD</b>

El costo de la maquina de ensayos de tracción Shimadzu UHI-600KN incluido el transporta desde el puerto hasta la planta fue de 160.000 USD

Lo que nos da un total general del proyecto de 168177 USD.

## 5.1.2. COSTO DE REALIZAR ENSAYOS

### 5.1.2.1. Costo de realizar un ensayo en el laboratorio de la empresa

El costo de realizar un ensayo de tracción tiene los siguientes rubros:

- Varilla de prueba
- Mano de Obra
- Uso de la máquina

El costo de una varilla de prueba varia de acuerdo al peso. Una muestra de 60cm de varilla de 8mm de diámetro puede costar unos 0.15U\$D mientras que una de 32mm cuesta 2.5U\$D. Para fines de cálculo se tomara un promedio de todos los precios de todos los productos. Precio de la varilla en el mercado 36U\$D/quintal = 0.79 U\$D /Kg

**Tabla 5.8 Costo promedio de la varilla de prueba**

D.Nominal	Peso Kg/m	Costo 60cm (U\$D)
8	0.395	0.188
10	0.617	0.293
12	0.888	0.422
14	1.208	0.574
16	1.578	0.750
20	2.466	1.172
22	2.984	1.418
25	3.853	1.831
28	4.834	2.297
32	6.313	3.000
<b>Promedio:</b>		1.194

El costo de la mano de obra se halla con el salario hora del operador de la maquina de ensayos y el tiempo que se demos en hacer un ensayo:

- Sueldo 5 USD/hora
- Tiempo estimado de ensayo 10min
- Costo de mano de obra por ensayo = 0.83 U\$D

Para el rubro del uso de la máquina se considerara una depreciación a 10 años, considerando que la máquina trabaja 10 horas diarias.

- Valor inicial = 150000
- Valor residual = 15000
- Depreciación anual =  $(150000-15000)/10$
- Depreciación x hora =  $13500/12\text{meses}/20\text{días laborables}/10\text{horas} = 5.65 \text{ U\$D}$
- Costo de usar la máquina por ensayo (10min) = 0.93 USD

El costo final de realizar un ensayo en la empresa equivale a la suma de los tres rubros anteriores es decir  $1.2+0.83+0.93 = 2.96 \text{ U\$D}$

#### 5.1.2.2. Costo de realizar un ensayo en otro laboratorio

Para calcular este costo se ha considerado varios datos empíricos que se hallan de la experiencia de la empresa cuando anteriormente realizaba los ensayos en otros laboratorios. El costo de realizar un ensayo en una entidad externa tiene los siguientes rubros:

- Varilla de prueba
- Costo del ensayo
- Costo del transporte de la muestra

La varilla de prueba de 60cm costara lo mismo que realizando el ensayo en el laboratorio de la empresa, es decir 1.2 U\\$D

Para hallar el valor del costo del ensayo hemos considerado los laboratorios en los cuales la empresa solía hacer los ensayos anteriormente, los precios de cada ensayo y el porcentaje aproximado de veces que la empresa realizaba un ensayo en ese laboratorio

**Tabla 5.9 Costo promedio del ensayo en otros laboratorios**

<i>Laboratorio</i>	<i>Costo de ensayo U\\$D</i>	<i>Tiempo de entrega (días)</i>	<i>Porcentaje de ensayos en cada laboratorio %</i>	<i>Fracción del Costo real USD</i>
PUCE (20-32mm)	20	4	40	8

ESPOCH (25-32mm)	40	1	10	4
ESPE (8-12mm)	12	2	30	3.6
INEN (14-18mm)	10	8	20	2
<b>Costo Medio de Ensayo:</b>				17.6

El costo de trasportar las muestras desde la planta en Lasso a los laboratorios en Quito para hacer un ensayo sería alrededor de 2.5 U\$D los dos viajes (de ida y vuelta). Pero como normalmente se entregaban de 5 a 10 varillas por viaje, este costo lo consideraremos para fines de calculo de 0.5 U\$D por varilla

El costo final promedio de realizar un ensayo en una entidad externa es de **19.1 USD**

### 5.1.3. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

La Norma INEN exige que el muestreo se debe realizar un ensayo por cada 20 toneladas de producción, por lo cual Novacero requiere de aproximadamente 25 ensayos diarios

Costo diario de hacer ensayos en la empresa:  $25 * 2.96 = 74$  U\$D

Costo diario de hacer ensayos afuera:  $25 * 19.1 = 477.5$  U\$D

Ahorro diario = 403.5 U\$D

Lo que en un año representa  $403.5 * 20 * 12 = 96840$  U\$D

El costo total del proyecto se recupera el  $168177 / 96840 = 1.74$  años = 1 año 8 mes y 26 días

Este análisis es algo virtual ya que a pesar de que Novacero S.A. realizaba ensayos en otras empresas, no era posible realizar todos los necesarios según los estándares señalados anteriormente. Solo era posible hacer 5 ensayos diarios, 2 o tres veces por semana debido a los altos costos y al alargado tiempo de entrega de los resultados que en algunos laboratorios llega a ser de hasta de 10 días.

## 5.2. ANÁLISIS FINANCIERO

El costo total del proyecto sin considerar la adquisición de la máquina de ensayos de tracción fue financiado de la siguiente forma:

**Tabla 5.10 Financiamiento del proyecto**

Rubros	Presupuesto	Responsables	%	Directores	%	Novacero S.A.	%
Costos Indirectos.	<b>1800</b>	600	33.3	0	0.00	1200	66.7

Costos Directos.	6377	0	0	1200(tiempo)	18.8	5177	81.2
------------------	------	---	---	--------------	------	------	------

Cada una de las diferentes entidades de financiamiento apporto al proyecto de acuerdo al siguiente cuadro:

**Tabla 5.11 Entidades de financiamiento**

Entidad	Tiempo	USD
1. Novacero S.A.	0	6977
2. Responsables: Sres. Esteban Miño, Sebastián Reyes	0	600
3. Directores del Proyecto	1200	0
<b>TOTAL :</b>	<b>1200</b>	<b>7577</b>

Los desembolsos se realizaron de acuerdo al siguiente cuadro

**Tabla 5.12 Cronograma de desembolsos**

Rubros	Octubre '07	Noviembre '07	Diciembre '07	Enero '07	Febrero '07	Total
<b>1. Costos Indirectos</b>	0	300.00	300.00	300.00	300.00	<b>1200.00</b>
	0	150.00	150.00	150.00	150.00	<b>600.00</b>
	0	0	0	0	0	<b>0</b>
<b>2. Costos Directos</b>	1500.00	1500.00	1500.00	338.50	338.50	<b>5177.00</b>
	0	0	0	0	0	<b>0</b>
	240	240	240	240	240	<b>1200</b>
<b>TOTAL</b>	1740.00	2190.00	2190.00	1028.5	1028.5	<b>8177.00</b>
<b>TOTAL ACUMULADO</b>	1740.00	3930.00	6120.00	7148.5	8177	
<b>PORCENTAJE ACUMULADO</b>	21.28	48.06	74.84	87.42	100	
Leyenda						
1: Desembolsos de Novacero S.A.						

2: Desembolsos de responsables del proyecto

3: Desembolsos de directores (tiempo)

## **CAPITULO 6**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 CONCLUSIONES**

- Se realizó la documentación de la instalación y del montaje de la maquina Shimadzu UHI-600KN bajo los requerimientos técnicos del fabricante, que es muy útil para el cuidado y manejo de la misma así como para una futura instalación de una máquina con similares características.
- La calibración de la máquina de ensayos de tracción la realizó la empresa Concrelab que cuenta con la licencia de la Superintendencia de Calibraciones de Colombia, y con la jerarquía de emitir certificados válidos. El resultado fue la certificación de la máquina como de Clase 1, es decir un error máximo de 1% en cualquiera de sus escalas.
- Los resultados de las pruebas de funcionamiento de la máquina de ensayos universales se los comparó con resultados de los laboratorios de ESPE, PUCE, INEN, obteniendo resultados con variaciones de un máximo del 2%, permitiéndonos asegurar la validez de los mismos en el medio.
- Se introdujeron los parámetros adecuados para la realización de ensayos de acuerdo a la norma internacional ASTM 8M 00, para que la máquina pueda realizar los ensayos de tracción automáticamente.
- Se elaboró un manual de calidad del laboratorio en el ensayo de tracción, con sus respectivos métodos de trabajo, instructivos de operación y registros para brindar al laboratorio un sistema completo de calidad como lo exigen los estándares actuales. También se implementaron nuevas políticas de calidad en el laboratorio para que se adapten al ensayo de tracción en varillas, con el fin asegurar la calidad de los ensayos y sus resultados.

- Se crearon manuales de operación y mantenimiento, que fueron impartidos en la capacitación al personal que opera la maquina de ensayos de tracción para su correcto manejo y cuidado.
- Los procedimientos, métodos, instructivos para el ensayo de tracción en varillas se elaboraron bajo la norma INEN NTE 17025-2006 y además fueron ingresados en el sistema de gestión integrado Novacero S.A. luego de haber sido revisados y aprobados en una auditoria interna.
- En la auditoria interna realizada el 17 de Marzo de 2007 por el equipo auditor de la empresa se aprobaron los procedimientos del laboratorio, el número de inconformidades fue de 6 para las cuales se elaboró un plan de acción que se pondrá en consideración para la siguiente auditoria.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Debido a la fragilidad de algunas piezas de la máquina, sobre todo de la unidad de control, se recomienda que se haga la instalación y el montaje de la máquina de ensayos por personal preparado para evitar costosos daños en la misma.
- Es importante que la entidad que realice la calibración de la maquina tenga la licencia para poder emitir certificados válidos y que ofrezca con su servicio la trazabilidad de los patrones utilizados.
- Es recomendable comparar periódicamente los resultados obtenidos por la máquina con otras entidades reconocidas que ofrezcan este servicio, ya que a más de ser un requerimiento de la norma NTE ISO/INEN 17025, sirve para tener una idea del funcionamiento de la máquina.
- Se recomienda realizar varias pruebas y experimentos al momento de programar los métodos automáticos de la máquina y bajo supervisión de personal calificado, ya que sin una buena supervisión cualquier falla puede terminar en desastre.

- Es recomendable que se elaboren los procedimientos bajo normas y de ser posible utilizando el sistema internacional de unidades ya que al hacerlo estamos mejorando la calidad de los ensayos y asegurando la trazabilidad de los resultados de los mismos.
- Se recomienda que los procedimientos de calidad, manuales de operación y demás métodos del ensayo se los redacte en un lenguaje entendible ya que deben ser aptos para cualquier persona que obtenga un cargo en el laboratorio y que no tenga conocimientos previos al respecto.
- La capacitación al personal es muy importante, se recomienda que la persona que vaya a operar la máquina pase por un proceso de capacitación y entrenamiento antes de iniciar las actividades. Esto puede evitar el daño de la máquina o de la persona.
- Es importante saber introducir los métodos, instructivos, manual de calidad y registros en el lugar adecuado del sistema de gestión integrado para no mantener documentación paralela.
- Es importante que las normas que se utilicen sean las vigentes, para evitar no conformidades en la auditoría que utiliza estas normas y para obtener los sellos actualizados de las normas.

#### **Calculo de luminarias en el laboratorio**

##### ***a. Dimensiones del Local***

L = 10.114 m

A = 5.95 m

H = 3.12 m

h = 3.12 m

$$h' = 0.85 \text{ m}$$

$$S = A \cdot L = 60.178 \text{ m}^2$$

Donde :  
 L = largo del área a iluminar  
 A = ancho del área a iluminar  
 H = altura del área a iluminar  
 h = altura de las luminarias  
 h' = altura de trabajo  
 S = superficie a iluminar

**b. Numero de lámparas**

N = 9 luminarias x 2 lámparas/ luminaria = 18 lámparas  
 Tipo de luminarias = fluorescente, directa

**c. Factor del local**

$$k = \frac{\text{Area}}{(h - h') \cdot (A + L)} = \frac{60.178}{(2.27) \cdot (10.114 + 5.95)} = 1.653$$

**d. Coeficiente de reflexión de techo y paredes**

Tabla 1: Factor de reflexión

	Color	Factor de reflexión ( $\rho$ )
<b>Techo</b>	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
<b>Paredes</b>	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
<b>Suelo</b>	claro	0.3
	oscuro	0.1

Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint2.html>

Para nuestro caso

$$\rho_{techo} = 0.7$$

$$\rho_{paredes} = 0.3$$

$$\rho_{piso} = 0.1$$

**e. Factor de utilización**

Con el índice del local (k) y el coeficiente de reflexión del techo y paredes se halla el factor de utilización.

Tabla 2: Factor de utilización

REPARTO LUMINOSO	Factor de man- tenimiento fm. %	Techo	70			50			30		
		%	50	30	10	50	30	10	30	10	
		K	Coeficiente de utilización C <sub>u</sub>								
DIRECTO  	Bueno 70 Medio 60 Malo 50	1	30	25	22	29	25	22	25	22	
		1,2	38	33	30	37	33	29	32	29	
		1,5	44	39	36	43	39	36	38	35	
		2	51	46	42	49	45	41	44	41	
		2,5	55	50	47	54	49	46	48	45	
		3	62	57	53	60	56	52	54	52	
		4	65	61	58	63	60	57	58	56	
		6	68	65	62	66	63	60	61	59	
		8	72	69	66	70	67	65	65	63	
		10	74	72	69	72	70	68	68	66	

Fuente: <http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema9/9-2.htm>

De la tabla encontramos que el factor de utilización es 0.403

f. Factor de mantenimiento

Tabla 3: Factor de mantenimiento

Ambiente	Factor de mantenimiento (f <sub>m</sub> )
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint2.html>

Para nuestro caso seleccionamos limpio es decir 0.8

g. Flujo total de las luminarias

Tabla 3: Valores típicos de flujo luminoso en lámparas

Tipo de fuente	Potencia W	Flujo Luminoso Lm	Eficacia luminosa Lm/W
Vela de cera		10	
Lámpara incandescente	40	430	10,75
	100	1.300	13,80
	300	5.000	16,67
Lámpara Fluorescente compacta	7	400	57,10
	9	600	66,70
Lámpara Fluorescente tubular	20	1.030	51,50
	40	2.600	65,00
	65	4.100	63,00
Lámpara vapor de Mercurio	250	13.500	54,00
	400	23.000	57,50
	700	42.000	60,00
Lámpara Mercurio Halogenado	250	18.000	72,00
	400	24.000	67,00
	100	80.000	80,00
Lámpara vapor de Sodio alta presión	250	25.000	100,00
	400	47.000	118,00
	1.000	120.000	120,00
Lámpara vapor de Sodio baja presión	55	8.000	145,00
	135	22.500	167,00
	180	33.000	180,00

Fuente: <http://endrino.cnice.mecd.es/~jhem0027/luminotecnia/lamparasyluminarias.htm>

$$\phi T = \phi \cdot N = 4100 \text{ Lm} \cdot 18 = 73600 \text{ lumenes}$$

h1. luminosidad total del local

$$\phi T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot fm} \text{ de donde } E = \frac{\phi T \cdot \eta \cdot fm}{S} = \frac{73600 \text{ Lm} \cdot 0.403 \cdot 0.8}{60.176 \text{ m}^2} = 394.31 \text{ lux}$$

EL flujo recomendado para laboratorios es de 300 a 500 lux, con lo que podemos concluir la validez de las lámparas actuales.

**CARGO: JEFE DE COMPRAS**

**DEPARTAMENTO: Compras**

**REPORTA A: Gerente de Planta**

**FUNCIONES:**

**(RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD)**

## **Responsable de**

### **Funciones Específicas**

- Cumplir y hacer cumplir los procesos de Compras Locales, Evaluación de Proveedores y Administración de inventarios.
- Elaborar órdenes de compra en el sistema informático.
- Atender pedidos de compras de los departamentos de Planta
- Supervisar el inventario de la bodega de suministros.
- Informar a gerencia sobre el inventario de bodega
- Supervisar el ingreso de los insumos comprados
- Atender al personal en los requerimientos de insumos y suministros y elaborar registros.
- Elaborar las requisiciones para el pago de proveedores de insumos y suministros
- Solicitar cotizaciones para compras de suministros, si éstos pasan de 300 USD.
- Realizar el pedido al proveedor aprobado mediante el formato Orden de compra después de haber recibido la solicitud de compra del departamento solicitante.
- Realizar la evaluación semestral de proveedores de los productos que afecten a la calidad del ambiente
- Seleccionar a los mejores proveedores que brinden condiciones de entrega, crédito y servicio
- Las funciones que el Jefe Inmediato le encomiende

### **Funciones Generales**

- Las funciones definidas y asignadas por el Sistema de Gestión Integrado.
- Coordinación y participación en los planes de Respuesta ante Emergencias.
- Identificar, clasificar, valorar las situaciones de emergencia y accidentes potenciales.
- Gestionar los métodos para responder ante situaciones de emergencia y accidentes potenciales.
- Mantenerse pendiente de conocer los requisitos del cliente
- Conocer el Mapa de Riesgos y el Plano de Almacenaje
- Cumplir con las disposiciones de Seguridad personal y del grupo
- Elaboración de los procedimientos de control operativo, otros documentos y formatos.
- Dar inducción al personal que ingresa a su área.
- Comunicar las responsabilidades y autoridades del personal a su cargo relativas al SGI
- Controlar el cumplimiento del Procedimiento P-GD en su área
- Identificar y gestionar los Aspectos Ambientales resultantes de sus actividades.
- Ejecución y seguimiento del Control Operativo ambiental conforme los procedimientos del SGI
- Ejecutar las acciones establecidas en los respectivos planes de acción de las SAC SAMP
- Controlar la aplicación de la documentación del SGI.

- Mantener los registros generados en la aplicación del SGI.
- Medir la eficacia de la capacitación a través de las evaluaciones del desempeño en el sistema Comper's.
- Priorizar las necesidades de capacitación identificadas del personal a su cargo.
- Colaborar en los proyectos de mejora y optimización.
- Programar las vacaciones del personal a su cargo.
- Administrar los recursos de su área de influencia ( recursos humanos, materiales, maquinaria e información)

**Tiene Autoridad para:**

- Contratar y suspender los proveedores de suministros que incumplieren con los requerimientos de calificación.

**REQUISITOS DE COMPETENCIA DEL CARGO:**

**EDUCACIÓN:** Estudios Superiores En Administración de empresas o afines.

**FORMACIÓN:** ISO 9001:2000

**EXPERIENCIA:** 1 año en cargos similares o haberse desempeñado 1 año en un nivel inferior a este puesto

**HABILIDADES:** Iniciativa, amabilidad, capacidad de comunicación, negociador.

**OTROS DESEABLES:** **Computación.**

**CARGO: JEFE DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO.**

**DEPARTAMENTO: Sistema de Gestión Integrado**

**REPORTA A: Gerente de Planta**

---

**FUNCIONES:**

**(RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD)**

**Responsable de:**

**Funciones Específicas**

- Mantener el Sistema de Gestión Integrado en Planta.
- Capacitar al personal en lo referente al sistema de gestión Integrado.
- Dar soporte a los reclamos de clientes por problemas de calidad del producto
- Controlar el levantamiento y cierre de solicitudes de acción correctiva, preventiva y de mejora. Así como también dar seguimiento a las HSC abiertas hacia procesos de su localidad.
- Realizar el reporte mensual de actividades y análisis de tendencia de los indicadores de los procesos que se encuentran bajo su responsabilidad.
- Realizar la liberación de los productos y servicios ofrecidos por la empresa para que cumplan con los estándares de Calidad reconocidos a nivel nacional e internacional. (según las normas adoptadas por la compañía).
- Mantener copias controladas de las normas que rigen para los productos procesados en cada localidad.
- Identificar, analizar, recopilar, actualizar y distribuir la legislación ambiental vigente aplicable a los procesos.
- Revisar que la materia prima cumpla con las normas establecidas en la compra de las mismas.
- Revisar y enviar informe de llegada de materia prima F-REC.01 al departamento de adquisiciones.
- Modificar y revisar documentos de Nivel I, II, III y registros
- Control de documentos en los Niveles I, II, III y registros de la estructura documental del SGI.
- Realizar actividades de investigación y desarrollo de nuevos métodos que aseguren la preservación del producto.
- Controlar y mitigar los efectos de las descargas líquidas y controlar las emisiones gaseosas de la Planta, haciendo que estas cumplan con los parámetros especificados por la legislación vigente.
- Supervisar las actividades de los responsables de Metrología en la Planta
- Elaborar el Plan Anual de Actividades del Departamento.
- Garantizar una adecuada liberación del producto

- Dar soporte al jefe departamental en la identificación y evaluación de procesos y actividades asociados a aspectos ambientales dentro de la organización.
- Mantener el archivo actualizado de las comunicaciones externas relacionadas con los aspectos ambientales significativos.
- Elaborar el Programa de Auditorias internas
- Revisar y actualizar la Matriz de aspectos ambientales conjuntamente con los Jefes departamentales
- Análisis de información para la toma de decisiones en base del monitoreo y medición por la generación de desechos ( descargas sólidas, líquidas y de las emisiones gaseosas de la Planta)
- Gestionar el cumplimiento de los requisitos legales identificados y aplicables a la compañía.
- Las funciones que el Jefe Inmediato le encomiende

### **Funciones Generales**

- Las funciones definidas y asignadas por el Sistema de Gestión Integrado.
- Coordinación y participación en los planes de Respuesta ante Emergencias.
- Identificar, clasificar, valorar las situaciones de emergencia y accidentes potenciales.
- Gestionar los métodos para responder ante situaciones de emergencia y accidentes potenciales.
- Mantenerse pendiente de conocer los requisitos del cliente
- Conocer el Mapa de Riesgos y el Plano de Almacenaje
- Cumplir con las disposiciones de Seguridad personal y del grupo
- Elaboración de los procedimientos de control operativo, otros documentos y formatos.
- Dar inducción al personal que ingresa a su área.
- Comunicar las responsabilidades y autoridades del personal a su cargo relativas al SGI
- Controlar el cumplimiento del Procedimiento P-GD en su área
- Identificar y gestionar los Aspectos Ambientales resultantes de sus actividades.
- Ejecución y seguimiento del Control Operativo ambiental conforme los procedimientos del SGI
- Realizar el monitoreo y medición por la generación de desechos (descargas sólidas de su área.)
- Ejecutar las acciones establecidas en los respectivos planes de acción de las SAC SAMP
- Controlar la aplicación de la documentación del SGI.
- Mantener los registros generados en la aplicación del SGI.
- Medir la eficacia de la capacitación a través de las evaluaciones del desempeño en el sistema Comper's.

- Priorizar las necesidades de capacitación identificadas del personal a su cargo.
- Colaborar en los proyectos de mejora y optimización.
- Programar las vacaciones del personal a su cargo.
- Administrar los recursos de su área de influencia ( recursos humanos, materiales, maquinaria e información)

**Tiene Autoridad para:**

- Emitir certificados de calidad de producto.
- Determinar y controlar el almacenamiento temporal, el tratamiento y disposición final de los desechos sólidos.
- Seleccionar el Método para calificar aspecto ambientales significativos
- Revisión y actualización con las áreas operativas de las matrices de aspectos ambientales.
- Ejecutar las actividades de acuerdo al presupuesto y planificación aprobada por el Gerente de Planta y Representante de la Dirección.
- Administrar los recursos de su área de influencia (Recursos Humanos, Materiales, Maquinaria e Información).
- Identificar, clasificar, valorar las situaciones de emergencia y accidentes potenciales
- Gestionar los métodos para responder ante situaciones de emergencia y accidentes potenciales
- Autorizar la salida de suministros y accesorios ( de Bodega)
- Autorizar la salida de materiales para consumo interno

**REQUISITOS DE COMPETENCIA DEL CARGO:**

**EDUCACIÓN:** Ingeniero Mecánico y/o Carreras afines.

**FORMACIÓN:** Metrología, Auditor Interno de Sistemas Integrados (ISO 9001 – 2000 e ISO 14001 – 2004).

**EXPERIENCIA:** 1 año en cargos similares o haber desempeñado durante 1año en cargos de Jefatura o un nivel inferior a este puesto.

**HABILIDADES:** Liderazgo, iniciativa, capacidad de comunicación

**OTROS DESEABLES:** Curso de Auditor Líder en ISO 9001-2000, Inglés.

**CARGO: JEFE DE CONTROL DE CALIDAD**

**DEPARTAMENTO: Sistema de Gestión Integrado**

**REPORTA A: Jefe del Sistema de Gestión Integrado**

---

**FUNCIONES:**

**(RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD)**

**Responsable de:**

**Funciones Específicas**

- Asegurar que los lineamientos dados en el proceso de control de calidad se cumplan en las actividades de inspección de entrada de materia prima, inspección de proceso, e inspección y ensayo final de los productos, de acuerdo a los Métodos de Trabajo vigentes
- Mantener informado al Jefe de Planta de los resultados de los ensayos, las inspecciones realizadas al producto y coordinar las acciones que sean necesarias,
- Cumplir el Procedimiento de “Control de Dispositivos de Medición: P-ME”
- Determinar parámetros críticos que afecten a la calidad y ambiente
- Detectar las necesidades de adquirir dispositivos de medición para el proceso productivo y para el monitoreo ambiental.
- Seleccionar, adquirir y codificar los equipos de medición que sean necesarios.
- Dar seguimiento a los equipos de medición existentes a través de un adecuado control de las hojas de vida de los dispositivos.
- Cumplir con las fechas de calibración de los equipos establecidos en la tabla anual de frecuencias de calibración.
- Llevar a cabo un programa de concienciación del personal usuario de dispositivos de medición acerca del cuidado de los mismos.
- Definir y planificar la política de calidad del laboratorio
- Establecer los objetivos de calidad del Laboratorio. Debe asegurarse que todo el personal conozca y comprenda dichos objetivos y los aplique en su trabajo.
- Determinar las estrategias técnicas a seguir para lograr los objetivos de calidad.
- Verificar el funcionamiento del sistema de calidad.
- Definir y planificar la estructura del laboratorio.
- Asegurar que el laboratorio disponga de las instalaciones y los recursos humanos, materiales y técnicos necesarios para garantizar la calidad de los ensayos.
- Asegurar que cada miembro del personal comprenda claramente las funciones que se le han asignado.
- Comprobar que se cumplan las normas de higiene y seguridad, proporcionando al personal la indumentaria y el equipo de seguridad apropiado.
- Supervisar que los procedimientos operativos se realicen según lo establecido.

- Asegurar que todos los procedimientos operativos se encuentren aprobados y actualizados
- Firmar los informes de resultados de análisis.
- Asegurar la conservación de los archivos.
- Preservar los patrones de calibración de forma que evite su deterioro.
- Realizar las verificaciones respectivas de las cartas de control emitidos por el personal de producción.
- Identificar el estado de inspección y ensayo de los productos, de acuerdo a los Métodos de Trabajo vigentes.
- Mantener el laboratorio de Control de Calidad en óptimas condiciones.
- Coordinar las actividades de control de calidad para lograr una completa integración el sistema.
- Recomendar las necesidades de capacitación del personal con respecto al tema calidad.
- Asistir a los jefes de laboratorios en la elaboración de procedimientos operativos.
- Revisar documentos del sistema de calidad.
- Realizar auditorías internas al laboratorio.
- Las funciones que el Jefe Inmediato le encomiende

### **Funciones Generales**

- Las funciones definidas y asignadas por el Sistema de Gestión Integrado.
- Coordinación y participación en los planes de Respuesta ante Emergencias.
- Identificar, clasificar, valorar las situaciones de emergencia y accidentes potenciales.
- Gestionar los métodos para responder ante situaciones de emergencia y accidentes potenciales.
- Mantenerse pendiente de conocer los requisitos del cliente
- Conocer el Mapa de Riesgos y el Plano de Almacenaje
- Cumplir con las disposiciones de Seguridad personal y del grupo
- Elaboración de los procedimientos de control operativo, otros documentos y formatos.
- Dar inducción al personal que ingresa a su área.
- Comunicar las responsabilidades y autoridades del personal a su cargo relativas al SGI
- Controlar el cumplimiento del Procedimiento P-GD en su área
- Identificar y gestionar los Aspectos Ambientales resultantes de sus actividades.
- Ejecución y seguimiento del Control Operativo ambiental conforme los procedimientos del SGI
- Ejecutar las acciones establecidas en los respectivos planes de acción de las SAC SAMP
- Controlar la aplicación de la documentación del SGI.
- Mantener los registros generados en la aplicación del SGI.
- Medir la eficacia de la capacitación a través de las evaluaciones del desempeño en el sistema Comper's.
- Priorizar las necesidades de capacitación identificadas del personal a su cargo.

- Colaborar en los proyectos de mejora y optimización.
- Programar las vacaciones del personal a su cargo.
- Administrar los recursos de su área de influencia (recursos humanos, materiales, maquinaria e información)

**Tiene Autoridad para:**

- Separar los dispositivos de medición que no cumplan con los criterios de verificación establecidos.
- Es responsable de liberar o rechazar productos.

**REQUISITOS DE COMPETENCIA DEL CARGO:**

**EDUCACIÓN:** Tecnólogo Mecánico o carreras afines.

**FORMACIÓN:** Metrología.

**EXPERIENCIA:** No indispensable

**HABILIDADES:** Habilidades en el Manejo de equipos de Medición, iniciativa.

**OTROS DESEABLES:** ISO 9001 – 2000, ISO 14001:2004, Técnicas Estadísticas, Computación, Seguridad Industrial

**CARGO: AYUDANTE DE CONTROL DE CALIDAD**

**DEPARTAMENTO: Producción**

**REPORTA A: Jefe de Control de Calidad / Jefe de Turno**

---

**FUNCIONES:**

**(RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD)**

**Responsable de:**

**Funciones Específicas**

- Dar soporte técnico al personal de su turno de las especificaciones de los productos cuando lo requieran.
- Inspección de la calidad por variables y por atributos (dimensional y por defectos).
- Registrar las Cartas de Control
- Mantenerse pendiente de conocer los requisitos del cliente
- Verificar y supervisar siguiendo los métodos de trabajo para garantizar que el producto terminado tenga las especificaciones indicadas en los planes de control correspondientes.
- Redactar el Reporte Diario de Producción y emitir su registro cuando aplique.
- Cumplir con los lineamientos establecidos en la documentación del SGI y generar los registros correspondientes cuando aplique.
- Identificar, separar y reportar el PNC generado de acuerdo a las disposiciones de los planes de control e instrucciones de trabajo del proceso de Control de Calidad
- Clasificar los desechos una vez que éstos se generan almacenarlos en los sitios correspondientes a los mismos
- Mantener ordenado y limpio el lugar donde realiza sus actividades de trabajo
- Las funciones que el Jefe Inmediato le encomiende

**Funciones Generales**

- Las funciones definidas y asignadas por el Sistema de Gestión Integrado.
- Participación en los planes de Respuesta ante Emergencias
- Clasificar los desechos una vez que éstos se generan almacenarlos en los sitios correspondientes a los mismos
- Mantenerse pendiente de conocer los requisitos del cliente
- Conocer el Mapa de Riesgos y el Plano de Almacenaje
- Cumplir con las disposiciones de Seguridad personal y del grupo

**Tienen autoridad para:**

- Detener la producción en caso de que el producto no cumpla con las especificaciones descritas en los planes de control.

**REQUISITOS DE COMPETENCIA DEL CARGO:**

**EDUCACIÓN:** Bachiller

**FORMACIÓN:** Metrología

**EXPERIENCIA:** No indispensable

**HABILIDADES:** Iniciativa, Trabajo en equipo, creatividad, comunicación.

**OTROS DESEABLES:** Seguridad Industrial, ISOS 9001 Y 14001

**CARGO: JEFE DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**DEPARTAMENTO: Control de Calidad**

**REPORTA A: Jefe de Control de Calidad**

---

**FUNCIONES:**

**(RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD)**

**Responsable de:**

**Funciones Específicas**

- Asegurar que los lineamientos dados en el proceso de control de calidad se cumplan en las actividades de inspección de entrada de probetas al laboratorio, inspección del proceso previo al ensayo, realización de ensayo de los productos, de acuerdo a los Métodos de Trabajo vigentes
- Mantener informado al Jefe de Control de Calidad de los resultados de los ensayos, las inspecciones realizadas al producto y coordinar las acciones que sean necesarias,
- Supervisar a los operadores del laboratorio de control de calidad.
- Cumplir el procedimiento de ensayos utilizando el método MT.CC.05
- Detectar las necesidades de adquirir dispositivos de medición, insumos, repuestos para el proceso de ensayos
- Dar mantenimiento de primer escalón a la máquina de ensayos, balanza pies de rey, flexómetros y demás equipos de acuerdo a lo estipulado en el plan de mantenimiento.
- Conocer las necesidades del cliente y producción, así como las políticas, objetivos de calidad.
- Estar familiarizado con el manual de calidad del laboratorio.
- Participar en las capacitaciones que se realizan para el conocimiento del personal del laboratorio que utiliza los dispositivos para realización de ensayos.
- Preservar los patrones de calibración de forma que evite su deterioro.
- Preocuparse de mantener el laboratorio de Control de Calidad limpio.
- Dirigir y controlar el trabajo de los operadores y demás integrantes del laboratorio, de acuerdo a las políticas, normas y objetivos de calidad establecidos.
- Asegurarse de que los procedimientos especificados en el plan de trabajo se apliquen correctamente y que cualquier modificación se justifique plena y debidamente con la documentación correspondiente.
- Verificar que los datos obtenidos sean confiables y queden registrados
- Verificar los cálculos, cuando corresponde y la transferencia de los resultados al informe.
- Las funciones que el Jefe Inmediato le encomiende

**Funciones Generales**

- Las funciones definidas y asignadas por el Sistema de Gestión Integrado.

- Identificar, clasificar, valorar las situaciones de emergencia y accidentes potenciales dentro del laboratorio.
- Mantenerse pendiente de conocer los requisitos del cliente
- Conocer el Mapa de Riesgos y el Plano de Almacenaje
- Cumplir con las disposiciones de Seguridad personal y del grupo
- Dar inducción al personal que ingresa a su área.
- Comunicar las responsabilidades y autoridades del personal a su cargo relativas al SGI
- Controlar el cumplimiento del Procedimiento P-GD en su área
- Ejecución y seguimiento del Control Operativo ambiental conforme los procedimientos del SGI
- Ejecutar las acciones establecidas en los respectivos planes de acción de las SAC SAMP
- Controlar la aplicación de la documentación del SGI.
- Mantener los registros generados en la aplicación del SGI.
- Priorizar las necesidades de capacitación identificadas del personal a su cargo.
- Colaborar en los proyectos de mejora y optimización.
- Administrar los recursos de su área de influencia ( recursos humanos, materiales, maquinaria e información)

**Tiene Autoridad para:**

- Realizar ensayos o métodos con privilegios de administrador.
- Utilizar la máquina de ensayos en caso de no estar el operador.
- Detener un ensayo si considera que puede poner en riesgo el equipo o el personal

**REQUISITOS DE COMPETENCIA DEL CARGO:**

**EDUCACIÓN:** Tecnólogo Mecánico o carreras afines.

**FORMACIÓN:** Metrología.

**EXPERIENCIA:** No indispensable

**HABILIDADES:** Habilidades en el Manejo de equipos de Medición, iniciativa.

**OTROS DESEABLES:** ISO 9001 – 2000, ISO 14001:2004, ISO 17025:2006, Técnicas Estadísticas, Computación, Seguridad Industrial

**CARGO: LABORATORISTA DE CONTROL DE CALIDAD**

**DEPARTAMENTO: Control de Calidad**

**REPORTA A: Jefe del Laboratorio de Control de Calidad**

---

**FUNCIONES:**

**(RESPONSABILIDAD Y AUTORIDAD)**

**Responsable de:**

**Funciones Específicas**

- Realización de los ensayos de tracción utilizando el método MT.CC.05.
- Mantener informado al Jefe del laboratorio los resultados de los ensayos, las inspecciones realizadas al producto.
- Cumplir los instructivos de montaje y elección de muelas, alineadores de acuerdo al método MT.CC.06.
- Registrar todos los ensayos realizados en el formato realizado según el registro MT.CC.05.01
- Dar mantenimiento de primer escalón a la máquina de ensayos, balanza pies de rey, flexómetros y demás equipos de acuerdo a lo estipulado en el plan de mantenimiento.
- Llevar las muestras y probetas desde la producción hasta el laboratorio para la realización de los ensayos.
- Almacenar los testigos, eliminar las probetas ya ensayadas.
- Revisar que todas las probetas que ingresan al laboratorio tengan su codificación para evitar posteriores confusiones.
- Recibir las capacitaciones que se realizan para el conocimiento del laboratorio, sus dispositivos métodos, instrucciones y mantenimiento.
- Preocuparse de mantener el laboratorio de Control de Calidad limpio.
- Las funciones que el Jefe Inmediato le encomiende
- Estar familiarizado con el manual de calidad del laboratorio.

**Funciones Generales**

- Las funciones definidas y asignadas por el Sistema de Gestión Integrado.
- Mantenerse pendiente de conocer los requisitos del cliente
- Cumplir con las disposiciones de Seguridad personal y del grupo
- Comunicar las responsabilidades y autoridades del personal a su cargo relativas al SGI
- Ejecución y seguimiento del Control Operativo ambiental conforme los procedimientos del SGI
- Mantener los registros generados en la aplicación del SGI.
- Colaborar en los proyectos de mejora y optimización.

**Tiene Autoridad para:**

- Realizar ensayos con privilegios de usuario.

#### **REQUISITOS DE COMPETENCIA DEL CARGO:**

**EDUCACIÓN:** Tecnólogo Mecánico o carreras afines.

**FORMACIÓN:** Metrología.

**EXPERIENCIA:** No indispensable

**HABILIDADES:** Habilidades en el Manejo de equipos de Medición, iniciativa.

**OTROS DESEABLES:** Computación, Seguridad Industrial

#### **BIBLIOGRAFIA**

- GONZALES, C y ZELENY J , “Metrología”, Primera edición, Mexico DF, McGraw-Hill 1995, pags 53-64
- CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE QUITO, Quito, Agenda práctica del constructor, pags: 283-286
- INEN, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, ISO-IEC 17025:2006 “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de calibración y de ensayo”
- MARCELO ROMO PROAÑO M.SC, “Temas de Hormigón Armado”, Escuela Politécnica del Ejército-Ecuador, pags 130-178.
- SHIMADZU Corporation, “Computer controlled hydraulic-servo Universal Testing Machine, Instruction Manual”
- SHIMADZU Corporation, “Computer controlled hydraulic-servo Universal Testing Machine, Installation Manual”
- SHIMADZU Corporation, “Trapezium 2, User Guide”
- SHIMADZU Corporation, “Trapezium 2, Administrators Guide”
- SHIMADZU Corporation, “Trapezium 2, Reference Manual”
- SHIMADZU Corporation, “Trapezium 2, Custom Report guide”
- SHIMADZU Corporation, “Instruction for differential type Extensometer, Shimadzu Universal Testing Machine”
- NTE INEN 102:2003, “Varillas con resaltes de acero al carbono laminadas en caliente para hormigón armado, requisitos. “ , 1era Edición
- NTE INEN 109:1984, “Ensayo de tracción para el acero. “ , 1era Edición

- ASTM A615M-00, "Standard Specification for deformed plain billet-steel bars for concrete reinforcement. "
- ASTM A615M-00, "Standard Specification for deformed plain billet-steel bars for concrete reinforcement. "
- ASTM A370M-00, "Standard methods and definitions for mechanical testing of steel products"
- ASTM E8M-00, "Tensile testing of metallic materials"
- CRESPO Carlos, "Mecánica de suelos y cimentaciones ", 4ta Edición, Editorial Limusa; Monterrey-México, 1994

Internet:

- Curso de luminotecnia: <http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint2.html>
- Tablas de factor de utilización <http://bdd.unizar.es/Pag2/Tomo2/tema9/9-2.htm>
- Valores promedio de luminosidad de lámparas
- <http://endrino.cnice.mecd.es/~jhem0027/luminotecnia/lamparasyluminarias.htm>

# ANEXOS