



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA

**“MANTENIMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
ADQUISICIÓN DE DATOS A LA MÁQUINA DE ENSAYOS
MECÁNICOS PÉNDULO CHARPY II DEL LABORATORIO DE
RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE
MECÁNICA (ESPOCH)”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES: RODMAN ESTUARDO TORRES GAVILANES

MARCOS DAVID RODRÍGUEZ CAPELO

DIRECTOR: Ing. JORGE ISAÍAS CAICEDO REYES

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Marcos David Rodríguez Capelo; & Rodman Estuardo Torres Gavilanes

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Marcos David Rodríguez Capelo, y Rodman Estuardo Torres Gavilanes declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citadas y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 03 de marzo del 2021



Marcos David Rodríguez Capelo

060378592-4



Rodman Estuardo Torres Gavilanes

160054594-9

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECANICA

CARRERA DE INGENIERIA MECANICA

El tribunal trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico, **MANTENIMIENTO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS A LA MÁQUINA DE ENSAYOS MECÁNICOS PÉNDULO CHARPY DEL LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES DE LA FACULTAD DE MECÁNICA**, realizado por ellos señores: **MARCOS DAVID RODRIGUEZ CAPELO** y **RODMAN ESTUARDO TORRES GAVILANES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requerimientos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Viteri Núñez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 EDWIN FERNANDO VITERI NUNEZ	2021-03-03
Ing. Jorge Isaiás Caicedo Reyes TUTOR DEL TRABAJO DEL TITULACIÓN	 JORGE ISAIAS CAICEDO REYES	2021-03-03
Ing. Diego Fernando Mayorga Pérez MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 DIEGO FERNANDO MAYORGA PEREZ	2021-03-03

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mi madre que nunca ha dejado de enseñarme en cada etapa de mi vida, me enseñó a hablar, caminar y hoy ingeniero. A pesar de las contrariedades de la vida jamás se dio por vencida aún incluso cuando yo lo hice varias veces, también a toda mi familia, amigos y demás personas que de una u otra manera me tendieron una mano en los momentos que más los he necesitado, y sí que hay un camino tan largo han sido muchos.

Marcos

Dedico el presente trabajo a mis padres Jaime y Teresa quienes desde un inicio han sido la base fundamental en mi vida para lograr esta meta de ser ingeniero, que en este camino difícil pero no imposible ellos jamás se rindieron, su lucha constante brindándome siempre las herramientas necesarias, sus buenos consejos y sobre todo el amor de padres. A mi hija Bayollette quien es el motivo a seguir superándome como padre y mejor persona. A mis hermanos Yajaira, Eduardo y Christopher que de una u otra forma siempre estuvieron presentes en este largo camino.

Rodman

AGRADECIMIENTO

En un camino tan largo existen muchas personas que de una u otra manera aportaron para este logro profesional, profesores, amigos, compañeros y sobre todo mi familia, personas a las que estoy sinceramente agradecido, por no haberse rendido nunca conmigo, incluso cuando muchas veces yo ya lo había hecho.

A mi madre por su apoyo incondicional y su comprensión infinita.

Marcos

Quiero agradecer a mis padres porque siempre confiaron en su hijo, a pesar todas las dificultades y comprenderme siempre me echaron una mano y jamás me dejaron solo en este transcurso de mi vida hasta lograr una de mis metas, a mi hija que siempre es y será mi mayor motivación para lograr todo lo bueno que la vida me dé. A mis hermanos, amigos y personas que me aportaron un granito en mi vida en mi preparación como profesional.

Rodman

TABLA DE CONTENIDO

INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE ANEXOS.....	XV
RESUMEN.....	XVI
ABSTRACT.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. <i>Objetivo General</i>	5
1.2.2. <i>Objetivos Específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1. Propiedades mecánicas.....	6
2.1.1. <i>Tenacidad</i>	6
2.1.2. <i>Energía de Impacto</i>	7
2.2. Ensayo de impacto.....	8
2.2.1. <i>Ensayo de Impacto o Charpy</i>	9
2.3. Normas.....	10
2.3.1. <i>ASTM E 23</i>	10
2.3.1. <i>Alcance</i>	10
2.3.1.2. <i>Probeta</i>	10
2.3.2.3. <i>Procedimiento</i>	11
2.3.2.4. <i>Verificación de máquinas de impacto de péndulo.</i>	12

2.3.2.	INEN 130	15
2.3.2.1.	<i>Alcance</i>	15
2.3.2.2.	<i>Instrumental</i>	15
2.3.2.3.	<i>Probeta</i>	16
2.3.2.4.	<i>Procedimiento</i>	16
2.3.2.4.	<i>Cálculos</i>	16
2.3.3.	INEN 1502	17
2.3.3.1.	<i>Objeto</i>	17
2.3.3.2.	<i>Terminología</i>	17
2.3.3.3.	<i>Bases de la verificación</i>	18
2.3.3.3.	<i>Intervalo de tiempo entre calibraciones</i>	19
2.4.	Mantenimiento	19
2.4.1.	Tipos de Mantenimiento	20
2.4.1.1.	<i>Mantenimiento correctivo</i>	20
2.4.1.2.	<i>Mantenimiento preventivo</i>	21
2.4.1.3.	<i>Mantenimiento predictivo</i>	22
2.4.2.	Fallos mecánicos	23
2.4.2.1.	<i>Determinación de fallos funcionales y fallos técnicos</i>	24
2.4.2.2.	<i>Localización de fallos</i>	24
2.5.	Corrosión	24
2.5.1.	Corrosión Galvánica	24
2.5.2.	Pitting	25
2.6.	Desgaste y erosión	25
2.6.1.	Desgaste adhesivo	25
2.6.2.	Desgaste abrasivo	25
2.7.	Trabajos de mantenimientos comunes	26
2.7.1.	Lubricación de equipos	26
2.7.2.	Mantenimiento de engranajes	26
2.7.2.1.	<i>Lubricación en cajas de engranajes</i>	27
2.7.3.	Mantenimiento de Cadenas	28
2.7.3.1.	<i>Verificación de la tensión y alargamiento de la cadena</i>	28
2.7.3.2.	<i>Lubricación de cadena</i>	29
2.7.4.	Mantenimiento de sistema de apoyo de ejes	30
2.7.4.1.	<i>Montaje y desmontaje</i>	30
2.7.4.2.	<i>Lubricación de rodamientos</i>	31
2.7.4.3.	<i>Alineación</i>	31
2.7.5.	Alineación de ejes	32

2.8.	Automatización.....	32
2.8.1.	Controles programables con relés	33
2.8.2.	Herramientas usadas.....	33
2.8.2.1.	Raspberry Pi 3 B+	33
2.8.2.2.	Codificador Rotacional Incremental.....	34
2.8.2.3.	Relé de estado solido.....	35
2.8.2.4.	Monitor.....	35
2.8.2.5.	Teclado multimedia y mouse óptico	36
2.8.2.6.	Extensor de puertos GPIO	36
2.8.2.7.	Sensor magnético	37
2.8.2.8.	Contacto normalmente abierto	37
2.8.2.9.	Luces pilotos	38
2.8.2.10.	Contactador magnético.....	38
2.8.2.11.	Relé térmico.	38
2.9.	Procesos de Desarrollo Software.....	38
2.9.1.	Programación	39
2.9.2.	Python.....	39
2.9.2.1.	Programación orientada a objetos	39

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA	41
3.1.	Determinación de Fallos	41
3.1.1.	Fallos en el sistema de adquisición de datos analógico	42
3.1.1.1.	Análisis del eje.	42
3.1.1.2.	Análisis de los rodamientos de apoyo.....	43
3.1.1.3.	Análisis de los apoyos del yunque	43
3.1.1.4.	Análisis del percutor	44
3.1.2.	Fallos en el sistema de elevación de martillo	44
3.1.2.1.	Análisis del motor reductor.....	44
3.1.2.2.	Análisis de la transmisión por cadena	45
3.1.3.	Fallos en el sistema de frenado.....	45
3.1.3.1.	Análisis del sistema de frenado.....	46
3.1.4.	Fallos en el sistema de Embrague	46

3.1.4.1.	<i>Análisis del sistema de embrague</i>	47
3.1.5.	<i>Fallos en el sistema de adquisición de datos digital</i>	48
3.2.	Mantenimiento del Péndulo Charpy.	48
3.2.1.	<i>Mantenimiento del Sistema de adquisición de datos análogo.</i>	49
3.2.1.1.	<i>Mantenimiento al Eje</i>	49
3.2.1.2.	<i>Mantenimiento de los rodamientos de apoyo.</i>	50
3.2.1.3.	<i>Mantenimiento de los apoyos del yunque.</i>	51
3.2.1.4.	<i>Mantenimiento del percutor.</i>	52
3.1.2.	<i>Sistema de elevación de martillo</i>	53
3.1.2.1.	<i>Mantenimiento a la Cadena</i>	53
3.1.2.2.	<i>Mantenimiento de los piñones.</i>	54
3.1.3.	<i>Sistema de embrague</i>	54
3.1.3.1.	<i>Mantenimiento de los acoples</i>	54
3.1.3.2.	<i>Mantenimiento de los Rodamientos.</i>	55
3.1.4.	<i>Sistema de freno</i>	56
3.1.4.1.	<i>Mantenimiento de la zapata.</i>	56
3.1.4.2.	<i>Mantenimiento de Disco.</i>	57
3.1.4.3.	<i>Mantenimiento de muelle mecánico.</i>	57
3.1.4.4.	<i>Mantenimientos adicionales.</i>	58
3.2.5.	<i>Mantenimiento del Sistema de adquisición de datos digital.</i>	58
3.2.5.1.	<i>Identificación de las necesidades.</i>	58
3.2.5.2.	<i>Análisis funcional</i>	59
3.2.5.3.	<i>Entrada de datos.</i>	59
3.2.5.4.	<i>Procesamiento de datos.</i>	60
3.2.5.5.	<i>Análisis de alternativas</i>	61
3.1.5.6.	<i>Análisis y evaluación de la mejor alternativa.</i>	64
3.1.5.6.	<i>Análisis del proceso</i>	67
3.1.5.7.	<i>Programación</i>	68
3.1.5.8.	<i>Interfaz</i>	69
3.1.5.9.	<i>Salida de datos.</i>	72
3.1.5.10.	<i>Asignación de Puertos GPIO.</i>	73
3.1.5.11.	<i>Etapa de adquisición de señales</i>	75
3.1.5.12.	<i>Etapa de Potencia.</i>	76
3.1.6.	<i>Calibración</i>	76
3.1.6.1.	<i>Características de la máquina</i>	76
3.1.6.2.	<i>Verificación del sistema</i>	78
3.1.7.	<i>Probetas</i>	79

3.1.7.1.	<i>Análisis metalográfico</i>	80
3.1.7.2.	<i>Elaboración de probetas.</i>	80

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS	82
4.1	Resultados y Comparación	82
4.2	Plan de mantenimiento preventivo del Péndulo Charpy II	83
4.3	Gestión del proyecto	84
4.3.1	<i>Cronograma</i>	84
4.3.2	<i>Recursos y materiales</i>	85
4.3.2.1.	<i>Talento humano</i>	85
4.3.2.2.	<i>Presupuesto</i>	85
4.3.2.3.	<i>Materiales</i>	86
4.3.2.4.	<i>Mano de Obra</i>	87
4.3.2.5.	<i>Costos Indirectos</i>	88
4.3.2.6.	<i>Costo total</i>	88
5.	CONCLUSIONES	89
6.	RECOMENDACIONES	90

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-2.	Aspectos generales del péndulo de Charpy.	9
Tabla 2-2.	Dimensiones de la probeta entalle en U.....	16
Tabla 3-2.	Diferencias principales entre los tipos de mantenimiento.	23
Tabla 4-2.	Actividades de mantenimiento pequeña de engranajes.....	26
Tabla 5-2.	Actividades de mantenimiento Pequeña de Cadenas.....	28
Tabla 6-2.	Actividades de mantenimiento Pequeña de Rodamientos.	30
Tabla 1-3.	Tabla de resumen de fallos en los sistemas.	41
Tabla 2-3.	Datos de diseño del percusor.	44
Tabla 3-3.	Resumen del tipo de mantenimiento aplicado a los elementos.....	49
Tabla 4-3.	Características de la chumacera y rodamiento para apoyo del eje.....	50
Tabla 5-3.	Especificaciones pines acople macho.	54
Tabla 6-3.	Características de los rodamientos del acople macho.....	56
Tabla 7-3.	Características del muelle mecánico.....	57
Tabla 8-3.	Tabla de resumen de sensores usados.....	60
Tabla 8-3.	Evaluación del criterio por peso específico.	64
Tabla 10-3.	Evaluación de alternativas según el criterio COSTO.....	65
Tabla 11-3.	Evaluación de alternativas según el criterio FIABILIDAD.....	65
Tabla 12-3.	Evaluación de alternativas según el criterio DIDACTICO.....	65
Tabla 13-3.	Evaluación de alternativas según el criterio DURABILIDAD.	66
Tabla 14-3.	Evaluación de alternativas según el criterio FACIL MONTAJE.	66
Tabla 15-3.	Resumen de las alternativas por prioridad fuera del margen.....	66
Tabla 16-3.	Tabla de verdad de estados de los sensores.	68
Tabla 17-3.	Resumen de las luces indicadoras.....	73
Tabla 18-3.	Tabla de asignación de puertos.....	74
Tabla 19-3.	Datos principales del péndulo.....	77
Tabla 20-3.	Numero de pasos del Encoder en vacío.	77
Tabla 21-3.	Valores de energía en la carátula.	78
Tabla 22-3.	Suministro de materiales de prueba.	80
Tabla 23-3.	Dimensiones de la probeta.....	81
Tabla 1-4.	Datos obtenidos en las probetas de acero 1020.	82
Tabla 2-4.	Datos obtenidos en las probetas de acero ASTM A36.....	82
Tabla 3-4.	Datos obtenidos en las probetas de acero ASTM A304.....	83
Tabla 4-4.	Error porcentual.	83

Tabla 5-4.	Plan de mantenimiento semestral del Péndulo Charpy.....	84
Tabla 6-4.	Cronograma de actividades.....	85
Tabla 7-4.	Costo de materiales para el Sistema de adquisición de datos.	86
Tabla 8-4.	Costos de Materiales para el Mantenimiento.....	87
Tabla 9-4.	Costos Mano de Obra.	87
Tabla 10-4.	Costos Indirectos.....	88
Tabla 11-4.	Costo Total del Proyecto.....	88

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-2.	Módulo de tenacidad U_t	6
Figura 2-2.	Esquema péndulo de Charpy.....	7
Figura 3-2.	Módulo de tenacidad U_t	8
Figura 4-2.	Configuraciones de probetas.....	10
Figura 5-2.	Tolerancias de las probetas.....	11
Figura 6-2.	Dimensiones soportes y percutor.....	13
Figura 7-2.	Representación gráfica de una tarea de mantenimiento correctivo.....	21
Figura 8-2.	Representación gráfica de una tarea de mantenimiento preventivo.....	22
Figura 9-2.	Representación gráfica de una tarea de mantenimiento predictivo.....	23
Figura 10-2.	Motor reductor Sumito.....	27
Figura 11-2.	Comprobación del alargamiento de cadena.....	29
Figura 12-2.	Lubricación manual.....	30
Figura 13-2.	Alineación correcta de ejes.....	32
Figura 14-2.	Raspberry Pi 3 B+.....	34
Figura 15-2.	Encoder Rotacional 1000ppr.....	34
Figura 16-2.	Relé estado Sólido.....	35
Figura 17-2.	Módulo de Relé Solido de 4 canales.....	35
Figura 18-2.	Monitor HDMI Dell.....	36
Figura 19-2.	Mouse inalámbrico marca Genius.....	36
Figura 20-2.	Extensor de conexión puertos GPIO.....	37
Figura 21-2.	Sensor Magnético.....	37
Figura 22-2.	Contacto normalmente abierto: Vista en corte y en símbolo.....	38
Figura 1-3.	Medición de nivel superficial en las chumaceras.....	42
Figura 2-3.	Comprobación del eje con el método de la regla.....	43
Figura 3-3.	Prueba de ruido a los rodamientos.....	43
Figura 4-3.	Apoyos de las probetas deteriorados.....	44
Figura 5-3.	Zapata de fibra de carbono prueba de contra luz.....	46
Figura 6-3.	Muelle original y muelle nuevo.....	46
Figura 7-3.	Pin del embrague desgastado.....	47
Figura 8-3.	Rodamiento deteriorado del embrague.....	47
Figura 9-3.	Eje en el torno centrado y preparado para el pulido.....	50
Figura 10-3.	Lubricación de Chumacera NBR-P208.....	51
Figura 11-3.	Conjunto pernos, tuerca, arandela y arandela de precio.....	51

Figura 12-3.	Vistas y dimensiones de los apoyos.	52
Figura 13-3.	Yunque con nuevos apoyos.	52
Figura 14-3.	Dimensiones del percutor.	53
Figura 15-3.	Percutor mecanizado en ambos lados.	53
Figura 16-3.	Acople macho con pines nuevos.	55
Figura 17-3.	Acople hembra pulido y con pernos nuevos.	55
Figura 18-3.	Acople macho con nuevos rodamientos.	56
Figura 19-3.	Zapata cerámica.	57
Figura 20-3.	Soporte ajustable y muelle mecánico sustituidos.	58
Figura 21-3.	Perno de sujeción transversal en el pedal del freno.	58
Figura 22-3.	Diagrama de bloque del proceso de adquisición de datos.	59
Figura 23-3.	PLC Siemens.	61
Figura 24-3.	Microcontrolador PIC.	62
Figura 25-3.	Raspberry Pi 4 B.	63
Figura 26-3.	Tarjeta de adquisición de datos.	63
Figura 27-3.	Diagrama de flujo de la elevación del martillo.	68
Figura 28-3.	Pantalla de validación.	70
Figura 29-3.	Pantalla principal.	70
Figura 30-3.	Pantalla de información de procedimiento.	71
Figura 31-3.	Pantalla de base de datos.	71
Figura 32-3.	Pantalla secundaria características de las Normas.	72
Figura 33-3.	Carcasa protectora con los nuevos periféricos de entrada y salida.	73
Figura 34-3.	Puertos GPIO asignación BCM.	74
Figura 35-3.	Placa electrónica para adquisición de señales.	75
Figura 36-3.	Diagrama de adquisición de señales.	75
Figura 37-3.	Diagrama de potencia.	76
Figura 38-3.	Microestructura del acero 1040 a 100x.	80
Figura 39-3.	Dimensiones de la probeta.	81

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: NORMA ASTM E23

ANEXO B: NORMA INEN 130

ANEXO C: NORMAN INEN 1502

ANEXO D: MTR ACERO AISI 1040

ANEXO E: MTR ACERO A 36

ANEXO F: MTR ACERO A 304

ANEXO G: ENCODER MODEL 15T/H - INCREMENTAL ENCODER

ANEXO H: PROGRAMACION DE ADQUISICION DE DATOS PYTHON

ANEXO I: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

ANEXO J: GUÍA DE LABORATORIO

ANEXO K: HISTORIA DE AVERÍAS

ANEXO L: TAREAS DE MANTENIMIETO

RESUMEN

La veracidad y exactitud de los resultados de un ensayo mecánico garantizan la correcta selección de un material en base a sus propiedades mecánicas, por lo tanto, se realizó el mantenimiento e implementación de un sistema de adquisición de datos a la máquina de ensayos Péndulo de Charpy II, con fines investigativos para la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Se utilizó el método investigativo para la recopilación de la información pertinente al desarrollo de los objetivos planteados, además de un método analítico para seleccionar el controlador más adecuado a las condiciones ambientales y didácticas que se tomaron en cuenta, siendo el seleccionado un microordenador conocido como Raspberry pi 3 B +, que en conjunto con un encoder rotativo incremental captaron y procesaron los valores de posición del martillo luego del impacto con las diferentes probetas, este valor en conjunto con las ecuaciones respectivas nos permitió determinar la energía absorbida por los diferentes materiales seleccionados, siendo estos los aceros 1040, ASTM A36 y ASTM A304, que son los más utilizados en el mercado nacional. Además, se realizó un mantenimiento correctivo y preventivo a los diferentes elementos que componen a péndulo de Charpy, en donde se sustituyó los elementos deteriorados por el uso, y se protegió a los que se hallaron en buen estado, se creó un nuevo plan de mantenimiento preventivo en base a los nuevos requerimientos del Equipo, finalmente se logró mejorar la precisión y exactitud de la máquina al implementar un sistema digital de obtención de datos, que brindó mayor precisión con un error porcentual de 0,44%, todo esto bajo las recomendaciones de las normas ASTM E23, INEN 130, INEN 1503.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MECÁNICA>, <PRECISIÓN>, <EXACTITUD>, <OBSOLENCIA TECNOLÓGICA>, <ENSAYOS MECÁNICOS>, <MICROORDENADOR>, <TENACIDAD>.



28/04/2021

1079-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The veracity and accuracy of the results of a mechanical test guarantee the correct selection of a material based on its mechanical properties, therefore, the maintenance and implementation of a data acquisition system was carried out on the Pendulum Charpy II testing machine for research purposes for the School of Mechanical Engineering of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. The investigative method was used to compile information pertinent to the development of the proposed objectives, in addition to an analytical method to select the most appropriate controller for the environmental and educational conditions that were considered, the selected being a microcomputer known as Raspberry pi 3 B+, which together with an incremental rotary encoder captured and processed the hammer position values after impact with the different specimens. This value together with the respective equations allowed to determine the energy absorbed by the different selected materials, these being the 1040, ASTM A36 and ASTM A304 steels, which are the most widely used in the national market. In addition, corrective and preventive maintenance was carried out on the different elements that make up the Charpy pendulum, where the elements deteriorated due to use were replaced, and those that were found in good condition were protected, a new maintenance plan was created, based on the new requirements of the equipment. It was finally possible to improve the precision and accuracy of the machine by implementing a digital data collection system, which provided greater precision with a percentage error of 0.44%, all this under the recommendations of the ASTM E23, INEN 130, INEN 1503 standards.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <MECHANICS>, <PRECISION>, <ACCURACY>, <TECHNOLOGICAL OBSOLENCE>, <MECHANICAL TESTING>, <MICROCOMMANNER>, <TENACITY>.

INTRODUCCIÓN

Con el avance de la tecnología se ha logrado descubrir y desarrollar nuevos tipos de materiales que sin duda ofrecen un sinnúmero de nuevas propiedades que deben ser analizadas, y aunque la tecnología se ha desarrollado a pasos agigantados, ensayos tradicionales para medir sus propiedades siguen vigentes por la eficiencia, utilidad y facilidad de obtener sus resultados, es así que se han ido adaptando a las nuevas tecnologías, conservando su principio básico pero mejorando aspectos como la obtención de datos, los mismo que hoy se los puede medir con mayor precisión gracias a la transformación de las señales analógicas a digitales, lo que ha abierto un sinnúmero de posibilidades que permiten complementar de mejor manera los diferentes ensayos.

El ensayo de Charpy es un ensayo destructivo diseñado para medir la tenacidad de un material, este no ha sido modificado de manera trascendente en su proceso, pero en los últimos años la toma de datos se lo ha ido actualizando, a más de equiparlo con ciertos tipos de sensores que permitan garantizar la validez del ensayo según la norma correspondiente al estudio.

La Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, cuenta con la máquina de ensayo de impacto de Charpy, la misma que se encuentra en el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Escuela de Ingeniería Mecánica, ésta a partir de su construcción fue mejorada por algunas ocasiones, basados en la importancia de este ensayo para el aprendizaje de los estudiantes de la facultad. Debido al uso y falta de mantenimiento adecuado esta se encuentra en un estado deteriorable, en el cual no se puede obtener los datos certeros, a más que los elementos que componen al equipo están deteriorados debido al uso.

Uno de los principales atributos de los denominados PLC, es su robustez frente a ambientes hostiles, en los cuales la presencia de factores como la humedad, polvo, altas temperatura, ruido eléctrico, vibraciones, etc. Justifican la utilización de estos controladores, pero en un ambiente controlado como es el de un laboratorio este factor se lo puede considerar descartable, por lo que no se justifica los elevados costos de un PLC tanto de componentes, programación, e instalación. La utilización del Microordenador denominado Raspberry Pi 3 B+, nos brinda el mismo potencial, con beneficios en costos, no solo de sus componentes sino también trabaja con un software libre, que permite fácil acceso a su programación además de contar con un sinnúmero de información a disposición, elevando también la mantenibilidad del equipo ya que nos permitirnós una fácil obtención de sus componentes con menores costos.

Por tal motivo es que, por medio de este trabajo de titulación, no solo se le dará el mantenimiento correspondiente al Péndulo Charpy II sino también de sustituir el sistema de toma de datos, por un sistema basado en el microordenador denominado Raspberry, el mismo que gracias a su código abierto y la disposición de puertos GPIO (*General Purpose Input/Output*), USB, HDMI, etc.

Permitirá cumplir a cabalidad el objetivo de este trabajo de titulación además de abrir un mundo de posibilidades y mejoras para un futuro.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

Actualmente el equipo se encuentra en estado deteriorable, y el sistema de adquisición de datos no funciona, ya que no cuenta el software desarrollado para el fin, a más que la mayor parte de conexiones eléctricas y electrónicas no están debidamente conectadas, todo esto junto a la carencia de algunos elementos claramente ausentes vuelven al sistema de elevación y el de seguridad totalmente disfuncionales. En cuanto a la parte analógica el sistema de medición no funciona correctamente, debido a una falla mecánica en sus elementos, además de no haber recibido los mantenimientos programados por que se estima un deterioro progresivo en todas sus partes, que vuelven inexactas las mediciones que se puedan adquirir. La naturaleza del ensayo es destructiva por lo que las cargas a las que se someten el eje y sus rodamientos son elevadas, las múltiples fallas en los elementos ocasionan una pérdida de energía que se convierte en un error no aceptable bajo las normas pertinentes

El mantenimiento y automatización del sistema de adquisición de datos para probetas de metales de alta dureza, es un proyecto de titulación de tipo proyecto técnico que busca mediante la habilitación de la máquina reforzar el conocimiento teórico de los estudiantes mediante ensayos prácticos en el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Mecánica.

Las pruebas de ensayos de impacto permiten conocer la energía que es capaz de absorber un material antes de llegar al punto de fractura, por lo cual el conocimiento de estos valores permite la selección correcta de un material lo cual en el diseño y construcción de elementos de máquina es de suma importancia.

1.1. Antecedentes

La Escuela de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, consiente de la importancia del aprendizaje de prácticas experimentales tanto de ensayos destructivos, como no destructivos ha permitido que se realicen trabajos de titulación que doten a la escuela con ciertos equipos que permitan conocer las propiedades mecánicas de los diferentes materiales, para poder compararlos con datos tabulados permitiendo a los estudiantes conocer y aplicar las diferentes Normas vigentes para cada caso.

Es así que en el año de 1998 como respuesta a la necesidad de contar con una máquina que permita determinar la cantidad de energía que absorbe un material antes de su ruptura, se construye en el Laboratorio de Sólidos de Materiales un Péndulo de Charpy II, este luego del dispendio respectivo en cuanto a otras alternativas para el problema, el mismo consta de una capacidad de energía disponible de 299,2Nm con una velocidad de impacto de 4,7 m/s, el diseño se lo elaboro sobre una bancada de acero estructural que permite absorber las fuerzas y las vibraciones producto del impacto, el yunque para las probetas fue normalizado según especifica la norma INEN 130.

En el año 2002 tras una evaluación del equipo se determinó que, debido al deterioro de algunas de sus partes y la falta de calibración, las medidas que se obtenían mediante el equipo eran erróneas, por lo que mediante un segundo trabajo de titulación se realizó una optimización y calibración del equipo obteniendo un error máximo del 2,02 %, el mismo que se considera aceptable según la norma INEN 1502.

Finalmente, en el año 2012 la necesidad de modernizar el sistema de adquisición de datos e implementar ciertos factores de seguridad que salvaguarden la vida de los usuarios como a su vez faciliten la manipulación del equipo, se realiza un tercer trabajo de titulación en el cual se implementa un sistema de elevación y frenado para el Péndulo de Charpy II, también se implementó una cabina de seguridad, la cual junto con los respectivos sensores garantizan una mayor seguridad para el usuario del equipo.

Actualmente los problemas suscitados anteriormente se vuelven a presentar, el deterioro y la falta de calibración en el equipo han hecho que las mediciones obtenidas sea erróneas, la falta del software requerido así como también la depreciación tecnológica hacen que el sistema de seguridad, como también el de elevación, estén obsoletos por lo que mediante este trabajo de titulación se implementara un sistema de adquisición de datos dotado con sistema de seguridad que habiliten el sistema de elevación además para garantizar el correcto funcionamiento del equipo se realizara el mantenimiento requerido a sus partes mecánicas, permitiendo implementar un plan de mantenimiento a partir de este que alargue la vida de todo el conjunto a más de una calibración correcta que permita mediciones más exactas.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de adquisición de datos digital para la máquina de ensayos Péndulo Charpy II del laboratorio de resistencia de materiales de la Facultad de Mecánica (ESPOCH).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Examinar el estado del arte correspondiente al sistema de adquisición de datos y ensayos mecánicos de la máquina Péndulo Charpy II.
- Desarrollar e implementar un sistema de adquisición de datos digital para la máquina de ensayos mecánicos Péndulo Charpy II.
- Desarrollar la fase de pruebas para la calibración correcta de los datos adquiridos por el sistema análogo y digital, bajo la norma INEN 1502.
- Efectuar ensayos bajo la norma ASTM E23 a diferentes materiales.
- Desarrollar un plan de mantenimiento para los diferentes elementos mecánicos de la máquina Péndulo Charpy II.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Propiedades Mecánicas

Son aquellas propiedades que describen el comportamiento de un material al ser expuesto a un esfuerzo (Carga), determinando las reacciones que este va a tener en resistencia, transmisión o deformación. Estos comportamientos suelen medirse de manera numérica, permitiendo la correcta comparación entre ellos, lo cual en ingeniería sirve para dimensionamiento y selección del material.

El conocimiento detallado de las diferentes propiedades mecánicas permite al diseñador la correcta selección del material, esto para que al ser sometido al trabajo los esfuerzos no superen al material y puedan evitar su fractura.

2.1.1. Tenacidad

La tenacidad es la capacidad de un material para absorber la energía que se le aplica sin fractura. Las piezas sometidas a cargas aplicadas repentinamente, a choques o a impacto, necesitan tener un alto nivel de tenacidad. (Mott, 2006: p. 38) .El módulo de tenacidad representa toda el área bajo el diagrama de esfuerzo-deformación, indica la densidad de la energía de la deformación del material justo antes de fracturarse. (Hibbeler, 2011: p. 93)



Figura 1-2. Módulo de tenacidad U_t

Fuente: (Hibbeler, 2011: p. 93)

Cuando un material se sujeta a un golpe intenso y repentino, en el que la rapidez de deformación es extremadamente rápida, puede comportarse de una manera mucho más quebradiza que la observada en la prueba (ensayo) de tensión. Con frecuencia se utiliza una prueba (ensayo) de impacto para evaluar la fragilidad de un material bajo estas condiciones. (Askeland et al., 2012: p. 227)

2.1.2. Energía de Impacto

Una fuerza externa aplicada a una estructura o a una parte se llama carga de impacto si el tiempo de aplicación es menor que un tercio del periodo natural de vibración mínimo de la parte o de la estructura. De otro modo, se llama simplemente carga estática. (Budynas et al., 2008: p. 37)

La energía absorbida (E_a) por la probeta, para producir su fractura, se determina a través de la diferencia de energía potencial del péndulo antes y después del impacto. Una vez conocido el ángulo inicial de aplicación de la carga (α) y el ángulo final (β) al que se eleva el péndulo después de la rotura completa de la probeta, se puede calcular la energía (E_a) mediante la expresión y como indica la Figura 2-2. (Viracocha Molina et al., 2014)

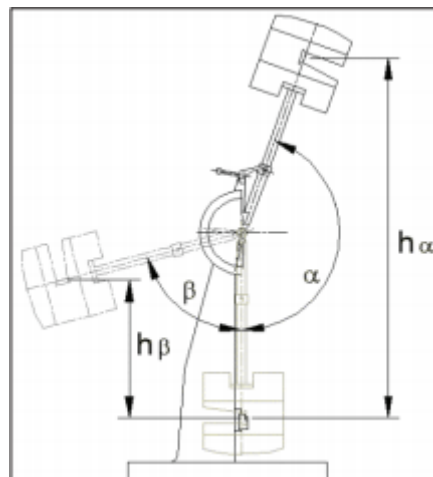


Figura 2-2. Esquema péndulo de Charpy

Fuente: (Universidad de Pereira, 2014)

2.2. Ensayo de impacto

Son un tipo de ensayo para caracterizar la fractura de los materiales se caracterizan por su carga dinámica, sucede cuando un objeto golpea a otro de modo que se desarrollan grandes fuerzas entre los objetos durante un periodo muy corto, la probeta se rompe con un único golpe y se supone que durante el impacto no se pierde energía debido al calor, al sonido o a deformaciones plásticas

localizadas entonces es posible estudiar sus efectos mediante la conservación de energía. (Hibbeler, 2011: p. 740)

Son populares dos métodos de determinación de energía de impacto para los metales y polímeros: el Izod y el Charpy, se emplean barras con geometrías específicas para determinar la fragilidad y la resistencia al impacto. Estas pruebas son útiles para comparar varios materiales y determinar la fragilidad a baja temperatura. En ambas pruebas la pieza se golpea con un péndulo que se suelta desde una altura fija, y la energía absorbida por la pieza, llamada valor de impacto, puede calcularse a partir de la altura de giro después de la fractura, pero se lee en una carátula, que, en esencia, “calcula” el resultado. Los ensayos de Charpy e Izod proporcionan datos de la tenacidad bajo condiciones dinámicas, en vez de estáticas. Es casi seguro que los datos de impacto que se obtienen a partir de estos ensayos sean tan dependientes de la geometría de la muesca como de la rapidez de deformación unitaria. (Budynas et al., 2008: pp. 38-39)

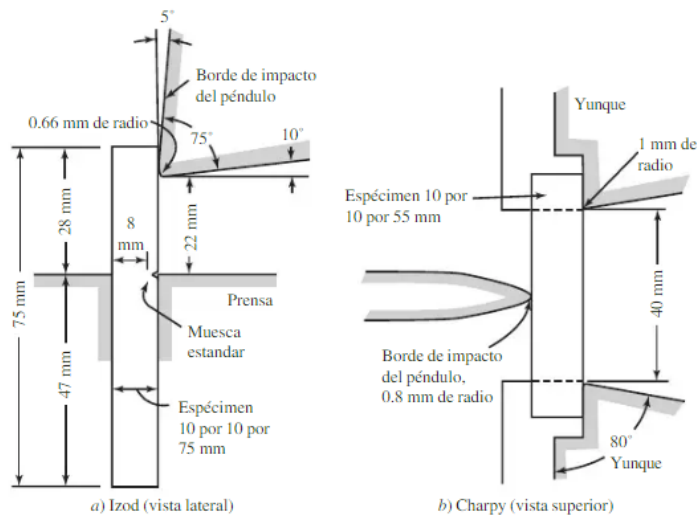


Figura 3-2. Módulo de tenacidad U_t

Fuente: (Mott, 2006: p. 39)

2.2.1. Ensayo de Impacto o Charpy

En esta técnica se usa una probeta en forma de barra de sección cuadrada, en la cual se mecaniza un entalle en su sección media, para aplicar una carga en forma de golpe con un martillo en forma de péndulo que se deja caer desde una posición fija preestablecida con una determinada altura h . Al dejar caer el péndulo, el borde de una cuchilla montada en el péndulo golpea y fractura la probeta a lo largo de la entalla, la cual actúa como un punto de concentración de tensiones para esta alta velocidad de impacto. El péndulo continúa su oscilación llegando hasta una altura menor

que h. La pérdida de energía, es calculada a través de las diferencias de alturas, que es la correspondiente a la energía absorbida por el material de la probeta. (Callister, 1985: pp. 210-211)

Para la prueba de Charpy, la energía se expresa por lo general en pies-libras(ft.lb) o en Joules(J). Algunos metales muy dúctiles, y muchos plásticos, no se rompen durante la prueba y se dice que el resultado es la expresión “*No se rompe*”. La prueba de Charpy se emplea con más frecuencia para probar metales. (Mott, 2006: p. 39)

Tabla 1-2. Aspectos generales del péndulo de Charpy.

Dimensiones	Designación
40 ±0,5 mm	Distancia entre apoyos
Se 1 a 1,5 mm	Radio de curvatura de los soportes
1:05	inclinación de los soportes
Tipo U y C	Martillo
3 a 6 m/s	Velocidad de impacto
30 ±1 kgf.m 294 ±10J	Capacidad de energía

Fuente: (Norma ASTM E23, 2011)

Realizado por: Torres, R.; Rodríguez, M., 2021

2.3. Normas

Son un conjunto de lineamientos nacionales o internacionales que acogen acuerdos voluntarios de normas técnicas, para garantizar que personas en general pueda realizar una actividad técnica a través de los procedimientos previamente establecidos, y se permiten la validación de resultados, tratando de garantizar la validez del procedimiento.

2.3.1. ASTM E 23

Es el método de prueba estándar internacional para prueba de impacto de barra con muescas de materiales metálicos. Estos métodos de prueba describen las pruebas de impacto con barra dentada. de materiales metálicos mediante la prueba Charpy (viga simple) y la prueba Izod (viga en voladizo). Proporcionan los requisitos para: muestras de prueba, procedimientos de prueba, informes de prueba, máquinas de prueba, verificar las máquinas de impacto Charpy, configuraciones de probetas opcionales, designación de la orientación de la muestra de ensayo, y determinar el porcentaje de fractura por cizallamiento en la superficie de muestras de impacto rotas. Además, se proporciona información sobre la importancia de las pruebas de impacto con barra dentada, y métodos para medir el centro de impacto ver anexo A.

2.3.1. Alcance

-La norma ASTM E 23 describen las pruebas de impacto con barra con muescas, de materiales metálicos mediante la prueba Charpy (viga simple) y la prueba Izod (viga en voladizo). Proporcionan los requisitos para: probetas de prueba, procedimientos de prueba, informes de prueba, máquinas de prueba, verificar las máquinas de impacto Charpy, configuraciones de probetas opcionales (ver figura 4-2), designación de la orientación de la muestra de ensayo y determinar el porcentaje de fractura por cizallamiento en la superficie de muestras de impacto rotas. Además, proporciona información sobre la importancia de las pruebas de impacto con barra con muesca, y métodos para medir el centro de impacto. (ASTM, 2016)

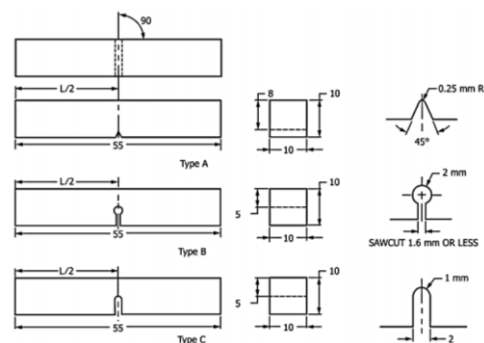


Figura 4-2. Configuraciones de probetas.
Fuente: (ASTM, 2016)

- Estos métodos de prueba no abordan los problemas asociados probado con pruebas de impacto a temperaturas inferiores a -196°C (77 K).
- Los valores indicados en unidades SI deben considerarse como estándar. No se incluyen otras unidades de medida en esta norma.

2.3.1.2. Probeta

El tipo de muestra elegido depende en gran medida de la característica del material a ensayar. Una muestra dada puede no ser igualmente satisfactorio para metales blandos no ferrosos y aceros endurecidos; por lo tanto, se reconocen muchos tipos de especímenes. En general, se requieren muescas más agudas y profundas para distinguir diferencias en materiales muy dúctiles o cuando se utilizan velocidades de prueba bajas.

Los resultados de la prueba de impacto de estos materiales se ven afectados por la orientación de la muestra. Por lo tanto, a menos que se especifique lo contrario, la posición de la muestra en la

máquina debe ser tal que el péndulo golpee una superficie que sea paralela a la dirección de compactación.

Cuando se evalúan materiales tratados térmicamente, la muestra se maquinará en acabado, incluidas las muescas, después del tratamiento térmico final, a menos que se pueda demostrar que las propiedades de impacto de las muestras mecanizadas antes del tratamiento térmico son idénticas a las mecanizadas después del tratamiento térmico. Las muescas se maquinarán suavemente pero el pulido probado generalmente innecesario. Sin embargo, dado que las variaciones en las dimensiones de la muesca afectarán seriamente los resultados de las pruebas, se adhieren a las tolerancias dadas en Figura 5-2.

Perpendicularidad del eje de la muesca los lados adyacentes (90°) deben tener las dimensiones de la sección transversal	± 2° ± 10 min ±0.075 mm
Longitud de la muestra(L) Centrado de la muesca (L/2) Ángulo de la muesca	±0,-2.5 mm ±1 mm ±1°
Radio de muesca	±0.025 mm
Longitud del ligamento:	±0.025 mm
Espécimen tipo A	±0.025 mm
Muestra de tipo B y C Requisitos de acabado	±0.075 mm R _m =2 µm en superficie

Figura 5-2. Tolerancias de las probetas.

Fuente: (ASTM, 2016)

2.3.2.3. Procedimiento

-Examine visualmente el percutor y los yunques en busca de daños y desgaste.

-Compruebe la posición cero de la máquina utilizando el siguiente procedimiento: levante el péndulo a la posición bloqueada, mueva el puntero hasta cerca de la capacidad máxima del rango que se está utilizando, suelte el péndulo y lea el valor indicado. El puntero debe indicar cero en las máquinas que leen directamente en energía. En las máquinas que leen en grados, la lectura debe corresponder a cero en la tabla de conversión proporcionada por el fabricante de la máquina.

-La muestra de ensayo se acondiciona térmicamente y se coloca en los soportes de la muestra contra los yunques; el péndulo se suelta sin vibración y el percutor impacta la muestra. La información se obtiene de la máquina y de la muestra rota.

-Para colocar una muestra de prueba en la máquina, se recomendó utilizar las tenazas autocentrantes.

-Para realizar la prueba, prepare la máquina levantando el péndulo a la posición bloqueada, coloque el indicador de energía en lectura de escala máxima, o inicialice la pantalla digital, o ambos, coloque la muestra en los yunques y suelte el péndulo.

-Si una muestra se atasca en la máquina, ignore los resultados y compruebe la máquina minuciosamente por daños o desalineación, lo que podría afectar su calibración.

2.3.2.4. Verificación de máquinas de impacto de péndulo.

La verificación de las máquinas de impacto consta de dos partes: Verificación directa, que consiste en inspeccionar la máquina para asegurar que los requisitos se cumplen, y la verificación indirecta, que implica el ensayo de probetas de verificación.

Las máquinas Charpy deben verificarse directa e indirectamente anualmente. Los datos son válidos solo cuando se producen dentro de los 365 días posteriores a la fecha de la prueba de verificación exitosa más reciente. Las máquinas Charpy también deben verificarse inmediatamente después de reemplazar piezas que puedan afectar la energía medida, después de realizar reparaciones o ajustes, después de haber sido movidas o siempre que haya motivos para dudar de la precisión de los resultados, sin importar el intervalo de tiempo. Estas restricciones incluyen casos en los que las piezas que pueden afectar la energía medida, se retiran de la máquina y luego se vuelven a instalar sin modificación (con la excepción de cuando el percutor o yunques se quitan para permitir el uso de un percutor diferente o juego de yunques y luego reinstalado).

Las máquinas Charpy no requieren una verificación indirecta inmediata después de la remoción y reemplazo del percutor o yunques, o ambos, que estaban en la máquina cuando se verificó, siempre que se implementen las siguientes salvaguardas: (1) se desarrolla y sigue un procedimiento organizativo para el cambio, (2) muestras de control de calidad de alta resistencia y baja energía para obtener orientación sobre el rango de energía de ruptura para estas muestras, se prueban antes de la extracción e inmediatamente después de la instalación del percutor o yunques previamente verificados, o ambos dentro del período de verificación de 365 días, (3) los resultados de las pruebas antes y después de las muestras de control de calidad están dentro de 1,4 J entre sí, (4) los resultados de las comparaciones se guardan en un libro de registro, y (5) Antes de volver a colocarlo, el percutor y los yunques se inspeccionan visualmente en busca de desgaste y se verifican dimensionalmente para asegurar que cumplan con las tolerancias requeridas.

Verificación directa de piezas que requieren inspección anual:

- Inspeccione los soportes de la muestra, los yunques y el percutor y reemplace cualquiera de estas partes que muestren signos de desgaste. Se puede usar una regla o un medidor de radio para discernir las diferencias entre las partes usadas y no usadas de estas piezas para ayudar a identificar una condición de desgaste.

-Asegúrese de que los pernos que sujetan los yunques y el percutor a la máquina estén apretados según las especificaciones del fabricante.

-Compruebe el nivel de la máquina en ambas direcciones.

-Verifique que los pernos de la base estén apretados según las especificaciones del fabricante.

-Compruebe el cero del indicador y la pérdida por fricción de la máquina.

Verificación directa de piezas a verificar:

Los yunques y soportes Charpy o prensas Izod deben cumplir con las dimensiones mostradas en Figura 6-2

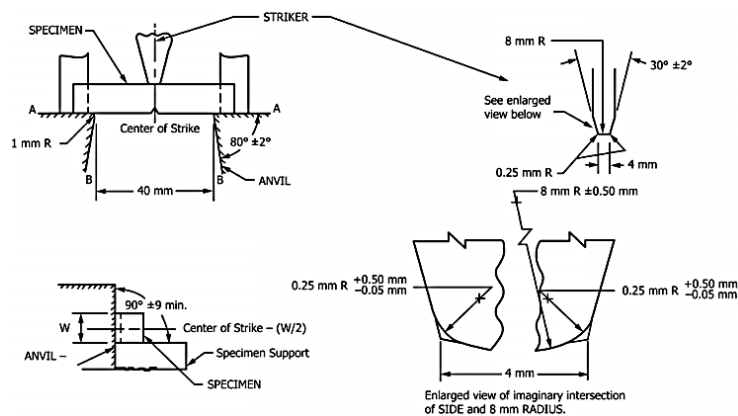


Figura 6-2. Dimensiones soportes y percutor.

Fuente: (ASTM, 2016)

-La posición del péndulo, cuando cuelgue libremente, será tal que el percutor esté a 2,5 mm de la muestra de ensayo. Cuando el indicador se ha posicionado para leer energía cero en una oscilación libre, se leerá dentro del 0,2% del rango de la escala cuando el percutor del péndulo se sostenga contra la muestra de prueba. El plano de oscilación del péndulo será perpendicular al eje transversal de los yunques de muestras Charpy.

-El juego transversal del péndulo en el percutor no excederá de 0,75 mm bajo una fuerza transversal del 4% del peso efectivo del péndulo aplicado en el centro del percutor. El juego radial de los cojinetes pendulares no debe exceder 0.075 mm.

-Determine el centro de impacto para las máquinas Charpy, el centro de impacto del péndulo se determina utilizando una muestra de ancho medio (10 × 5 × 55 mm) en la posición de prueba.

Con el delantero en contacto con la muestra, una línea marcada a lo largo del borde superior de la muestra en el delantero indicará el centro de la huelga.

-Determine la energía potencial: El siguiente procedimiento se utilizará cuando el centro de impacto del péndulo coincida con la línea radial desde la línea central de los cojinetes del péndulo (en adelante llamado eje de rotación) hasta el centro de gravedad. Si el centro de la huelga está a más de 1.0 mm de esta línea, se deben realizar las correcciones adecuadas en la elevación del centro de la huelga en, de modo que las elevaciones fijadas o medidas corresponden a lo que serían si el centro de huelga estuviera en esta línea. La energía potencial del sistema es igual a la altura desde la que cae el péndulo, determinada, multiplicado por la fuerza de apoyo.

-Determine la altura de caída del péndulo para cumplir con el requisito. En las máquinas Charpy, determine la altura desde el borde superior de un espécimen de medio ancho (o centro de un ancho completo) hasta la posición elevada del centro de golpe dentro de 0.1%. En las máquinas Izod, determine la altura desde una distancia de 22,66 mm por encima del tornillo de banco hasta la posición de liberación del centro de golpe dentro del 0,1%. La altura puede determinarse midiendo directamente la elevación del centro de impacto o calculando el cambio de ángulo del péndulo utilizando las siguientes fórmulas.

-Determinación de las pérdidas por fricción La pérdida de energía por fricción y viento del péndulo y la fricción en el mecanismo de registro, si no se corrige, se incluirá en la pérdida de energía atribuida a la rotura de la muestra y puede resultar en mediciones erróneamente altas de energía absorbida. Para las máquinas que registran en grados, las pérdidas por fricción no suelen ser compensadas por el fabricante de la máquina, mientras que en las máquinas que registran directamente en energía, normalmente se compensan aumentando la altura inicial del péndulo. Determine las pérdidas de energía por fricción de la siguiente manera.

Verificación indirecta:

-La verificación indirecta requiere la prueba de muestras con valores de energía certificados para verificar la precisión de las máquinas de impacto Charpy.

Las muestras de verificación con valores de energía certificados se producen a niveles de energía bajos (13 a 20 J), altos (88 a 136 J) y súper altos (176 a 244 J). Para cumplir con los requisitos de verificación, el valor promedio determinado para un conjunto de muestras de verificación en cada nivel de energía probado debe corresponder a los valores certificados de las muestras de verificación dentro de 1.4 J (1.0 ft lb-f) o 5.0%, lo que sea mayor.

-Los valores de referencia para los especímenes de verificación se deben establecer en las tres máquinas de referencia que son propiedad. El rango verificado de una máquina de impacto Charpy se describe con referencia a las muestras de energía más baja y más alta probadas en la máquina.

Estos valores se determinan a partir de pruebas en conjuntos de muestras de verificación a dos o más niveles de energía absorbida, excepto en el caso en que una máquina Charpy tiene una capacidad máxima demasiado baja para probar dos niveles de energía. En este caso, se puede utilizar un nivel de energía absorbida para la verificación indirecta.

-Determine el rango utilizable de la máquina de prueba de impacto antes de probar las muestras de verificación. El rango utilizable de una máquina de impacto depende de la resolución de la escala o del dispositivo de lectura en el extremo inferior y la capacidad de la máquina en el extremo superior. - La resolución de la báscula o dispositivo de lectura establece el límite inferior del rango utilizable para la máquina. El límite inferior es igual a 25 veces la resolución de la escala o dispositivo de lectura a 15 J.

2.3.2. INEN 130

Es el método de prueba estándar ecuatoriano para ensayos de impacto Charpy para aceros con entalle en U, establece el método para todos los productos de acero, estableciendo las características de la máquina de ensayo, la preparación de la probeta, procedimiento, cálculos, y la manera de presentar el informe correspondiente a los datos obtenidos ver Anexo B.

2.3.2.1. Alcance

Esta norma tiene por objeto establecer el método para el ensayo de impacto de Charpy sobre probetas entallada en U, para todos los productos de acero.

2.3.2.2. Instrumental

-La máquina de ensayo deberá tener una construcción rígida y estable, de forma que las pérdidas de energía (debido a traslación, rotación o vibración) en el armazón de la máquina, durante el ensayo, sean despreciables.

-La máquina del ensayo deberá estar provista de un instrumento que permita lecturas con aproximación de $\pm 0,5$ % de la capacidad máxima del impacto.

2.3.2.3. Probeta

La probeta deberá ser maquinada por todos sus lados y deberá tener las dimensiones establecidas en la Tabla 2-2.

Tabla 2-2. Dimensiones de la probeta entalle en U

Designación	Número	Dimensiones
Distancia entre los apoyos	7	+ 0, 5 40- 0 mm
Radio de la curvatura de los soportes	8	del a 1,5 mm
Inclinación de los soportes	9	1: 5
Angulo de la punta del martillo	10	30 ⁰
Radio de la curvatura de la punta del martillo	11	de 2 a 2,5 mm
Velocidad del martillo en el momento del ensayo	-	de 4,5 a 7 m/s
Estos números corresponden a los elementos numerados en la figura 1 del Anexo B.		

Fuente: (INEN, 1973)

Realizado por: Torres, R.; Rodríguez, M., 2021

-El entalle podrá ser hecho por cualquier proceso de maquinado que permita un acabado liso. Se deberá tener cuidado de eliminar cualquier surco o ranura que pueda haberse formado en el fondo del entalle.

2.3.2.4. Procedimiento.

-Colocar la probeta a escuadra sobre los soportes. El plano de simetría del entalle deberá coincidir con el plano medio entre los soportes dentro de una tolerancia de 0,5 mm

-Accionar la máquina de ensayo, de manera que el martillo golpee la probeta en el plano de simetría del entalle y sobre la cara opuesta a la que la contiene.

-El ensayo deberá realizarse a la temperatura de 20 ±2°C.

2.3.2.4. Cálculos

La resistencia al impacto se determina por la fórmula siguiente:

$$KCU = \frac{\text{Energia Absorbida (Kgf. m)}}{S_o} \quad (1)$$

Donde:

KCU= resistencia al impacto, en Kgf.m(J).

So= área de la sección transversal de la probeta en la zona del entalle, en cm²

2.3.3. INEN 1502

Es el método de prueba estándar ecuatoriano para la verificación de máquinas de prueba, establece cuatro procedimientos aplicables para la verificación de máquinas de pruebas, que han sido diseñadas para medir cargas. (ANEXO C)

2.3.3.1. Objeto.

Esta norma establece cuatro procedimientos aplicables a la verificación de máquinas de prueba, que han sido diseñadas para medir cargas; estos procedimientos involucran el empleo de dispositivos de calibración verificados; no cubren la verificación de otras máquinas como las de tipo de velocidad constante de carga que operan con el principio del plano inclinado.

2.3.3.2. Terminología.

Exactitud. Es la similitud entre la carga real aplicada y la expresada por el mecanismo de medición de la máquina. Se dice que una máquina de prueba es exacta, cuando la carga indicada por sus mecanismos de medición se encuentra dentro de las tolerancias especificadas, con respecto a la carga real aplicada.

Error. Cuando se trata de una máquina de prueba se refiere al valor que se obtiene restando el valor indicado por el dispositivo de calibración, al valor indicado por la máquina de prueba.

Porcentaje de error. Cuando se trata de una máquina de prueba, es la relación expresada por porcentaje entre el error y el valor exacto de la carga medida.

Para calcular el porcentaje de errores se emplea la fórmula siguiente:

$$E = \frac{e}{p} \times 100 \quad (2)$$

En dónde:

E= Error expresado en porcentaje.

E=Error en kilogramos.

P=Valor exacto de la carga medida, en kilogramos.

Corrección. Cuando se trata de una máquina de prueba se refiere al valor que se obtiene restando el valor unitario por la máquina, el valor exacto de la cantidad medida.

La corrección es de la misma magnitud que el error, para el signo contrario. Se recomienda que no se hagan correcciones en máquinas probadas, en las cuales se encontraron errores dentro de las tolerancias establecidas en esta norma

Capacidad de carga. Cuando se trata de una máquina de prueba, se refiere a la carga máxima para la cual ha sido diseñada. Algunas máquinas de prueba tienen más de una capacidad de carga.

2.3.3.3. Bases de la verificación

-El porcentaje de error para las cargas que quedan comprendidas dentro del intervalo de carga de la máquina de prueba no debe ser mayor de $\pm 1,0$. Esto implica que en el informe de la verificación de una máquina de prueba debe quedar estipulado el rango de carga en que puede usarse, así como la aceptación o rechazo de la máquina.

- Para establecer el límite inferior de un intervalo de carga por debajo del 10% de su capacidad total, en donde se requiere la aplicación de cinco cargas, la diferencia algebraica que existe entre el mínimo y el máximo porcentaje de error determinados, no debe ser mayor del 1%. Esto implica que para establecer el límite inferior de un intervalo de carga por debajo del 10% de la capacidad de dicho intervalo, los errores para las series de 5 lecturas que se efectúan, no deberán ser mayores del 1% entre dos errores. Esto es, si en una serie el error mínimo determinado es - 1%, el error máximo no puede exceder de 0%: si el error mínimo es - 0,5%, el error máximo no podrá exceder de + 0,5% Si el error mínimo determinado es 0%, el error máximo no podrá exceder de + 1%.

- Al establecer el intervalo de carga, en ningún caso se deben incluir cargas cuyo valor sea menor a 100 veces el valor del cambio más pequeño de carga que pueda estimarse en el aparato indicador de la máquina de prueba, así como en ningún caso se deben incluir cargas aplicadas durante la prueba de verificación.

-Lo anterior significa que, en las máquinas de prueba, cuyas graduaciones se encuentran espaciadas tanto como para que pueda estimarse un décimo de división, el rango de carga no puede extenderse hacia abajo, tanto como para que incluya cargas menores de 10 divisiones.

Si las graduaciones de la escala pueden estimarse solamente hasta dos divisiones, el rango de carga no puede extenderse más bajo de la carga correspondiente a 200 divisiones. En la mayoría de las

máquinas de prueba, el valor más pequeño de la carga que puede apreciarse se encuentra entre los valores de los dos ejemplos citados.

2.3.3.3. Intervalo de tiempo entre calibraciones

Las máquinas de prueba que se someten a uso intenso, deben ser verificadas a intervalos de seis meses y las máquinas que no se usen intensamente deben ser verificadas a intervalos no mayores de un año. Así mismo se debe efectuar la verificación de las máquinas de prueba inmediatamente después de que se efectúen reparaciones o ajustes en los mecanismos de pesaje, si existe alguna razón para dudar de la exactitud de los resultados, sin importar cuando se efectuó la última verificación.

Cada vez que se efectúe la verificación de una máquina de prueba se debe elaborar un informe claro y completo, en el que se debe hacer mención al método de calibración aplicado, así como al número de serie y marca de fábrica de cada uno de los aparatos involucrados en el desarrollo de la verificación; también se debe indicar claramente cómo, por quién y cuándo se efectuó la última certificación de los aparatos de calibración utilizados en la verificación de la máquina de prueba. (INEN, 1990)

2.4. Mantenimiento

Es el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. (García, 2010: p. 1)

El mantenimiento es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados (Botero, 2012: p. 10)

El propósito principal del mantenimiento es lograr que los equipos continúen cumpliendo la función requerida, mediante acciones técnicas y gestiones destinadas a mantener o restaurar cada una de los elementos que integran el equipo. (Sánchez et al., 2006)

La máquina debe recibir un mantenimiento no por ella misma, sino para su conservación y para garantizar que la función que ella realiza dentro del proceso productivo se cumpla a cabalidad y se mantenga la capacidad productiva en el nivel deseado. (Botero, 2012: p. 11)

En conclusión, se puede decir que el mantenimiento no es más que las técnicas de cuidado y protección que se aplican a los elementos de un equipo de manera periódica para conservar la eficiencia y correcto funcionamiento.

2.4.1. Tipos de Mantenimiento

Se puede distinguir tres tipos principales de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

- Mantenimiento Correctivo.
- Mantenimiento Preventivo.
- Mantenimiento Predictivo.

2.4.1.1. Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos. (García, 2010: p. 1)

En otras palabras, es el equipo quien determina las paradas. Su función primordial es poner en marcha el equipo lo más rápido y con el mínimo costo posible. Este mantenimiento es generalmente el único que se realiza en pequeñas empresas. (Botero, 2012: p. 13)

El objetivo de este tipo de mantenimiento es devolver de manera rápida la maquina a condiciones de servicios, para ello se pone énfasis en sustituir o reparar rápidamente las piezas que han fallado y a su vez busca diagnosticar y corregir la causa real que provoco el fallo. (Sánchez et al., 2006: p.12)

Las tareas de mantenimiento correctivo son las que se realizan con intención de recuperar la funcionalidad del elemento o sistema, tras la pérdida de su capacidad para realizar la función o las prestaciones que se requieren. Una tarea de mantenimiento correctivo típica. (Knezevic, 1996: p. 52) consta de las siguientes actividades:

- Detección de la falla
- Localización de la falla
- Desmontaje
- Recuperación o sustitución
- Montaje

- Pruebas
- Verificación

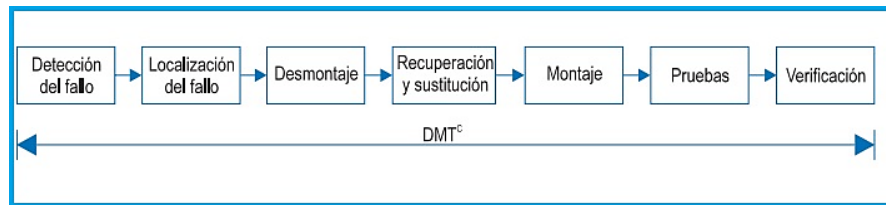


Figura 7-2. Representación gráfica de una tarea de mantenimiento correctivo

Fuente: (Knezevic, 1996)

2.4.1.2. Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. (García, 2010: p. 15)

Este sistema se basa en el hecho de que las partes de un equipo se gastan en forma desigual y es necesario prestarles servicio en forma racional, para garantizar su buen funcionamiento. El mantenimiento preventivo es aquel que se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación), previamente establecido, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipo (Botero, 2012: p. 21)

El objetivo de este tipo de mantenimiento consiste en prevenir el fallo. El mantenimiento preventivo más común es el planificado (PPM, *Planned Preventive Maintenance*). Se basa en el establecimiento de una rutina sustitución de piezas a intervalos periódicos de tiempo. En la mayoría de casos la sustitución de un componente se realiza sistemáticamente, independientemente del estado de la pieza, basándose en el número de ciclos realizados o el tiempo de trabajo de la máquina y en la información histórica del tiempo medio entre fallos (MTBF, *Mean Time Between Failure*) del componente. (Sánchez et al., 2006: p.12)

La tarea de mantenimiento preventivo (*Preventive Task*, PRT) es una tarea que se realiza para reducir la probabilidad de fallo del elemento o sistema, o para maximizar el beneficio operativo. Una tarea de mantenimiento preventivo típica, (Knezevic, 1996: p. 53) consta de las siguientes actividades de mantenimiento:

- Desmontaje.
- Recuperación o sustitución.
- Montaje.

- Pruebas.
- Verificación.

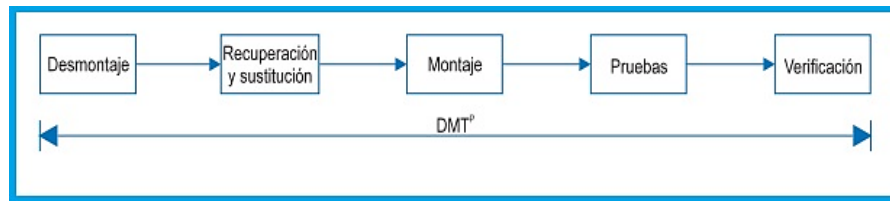


Figura 8-2. Representación gráfica de una tarea de mantenimiento preventivo.

Fuente: (Knezevic, 1996)

2.4.1.3. *Mantenimiento predictivo*

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea idéntica de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. (García, 2010: p. 15)

Este tipo de mantenimiento consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos mediante equipos sofisticados a partes de maquinaria que sean muy costosas o a las cuales no se les puede permitir fallar en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de cuantía. La mayoría de las inspecciones se realiza con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción (Botero, 2012: p. 19)

La medida de los parámetros se realiza sin necesidad de parar la máquina ni interrumpir la producción. En algunos casos la medida del valor de estos parámetros se realiza de forma continua, dando lugar al mantenimiento predictivo Online o continuo; en otros la medida se realiza con una periodicidad definida. El intervalo de inspección debe fijarse en un tiempo que permita detectar variaciones en el estado de la máquina, caso de que las haya habido, y corregir o sustituir los elementos necesarios antes de que se produzca el fallo. (Sánchez et al., 2006: p.12)

Según (Knezevic, 1996) una tarea de predictivo consta de las siguientes actividades de mantenimiento:

- Evaluación de la condición.
- Interpretación de la condición.
- Toma de decisiones.

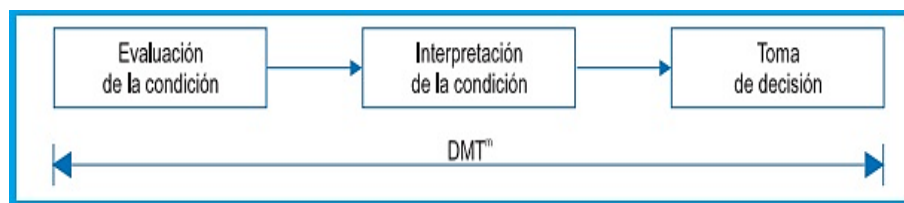


Figura 9-2. Representación gráfica de una tarea de mantenimiento predictivo.

Fuente: (Knezevic, 1996)

Las diferencias principales entre los tipos de mantenimiento anteriormente citados se las puede resumir en la siguiente tabla:

Tabla 3-2. Diferencias principales entre los tipos de mantenimiento.

	Mantenimiento Correctivo	Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Predictivo
Evita que se produzca el fallo	NO	SI	SI
Corrige la causa real del fallo	SI	SI	SI
Las operaciones suelen costar mucho tiempo debido a la imprevisión	SI	NO	NO
Las operaciones pueden ser innecesarias y pueden ser causas de nuevos fallos	NO	SI	NO
Permite planificar el mantenimiento	NO	SI	SI
Exige disponer de un surtido almacén de repuestos	SI	NO	NO
Permite agotar la vida útil de las piezas	SI	NO	SI
requiere el conocimiento de técnicas complejas	NI	NO	SI
Exige una importante inversión en medios para el mantenimiento	NO	NO	SI
Contribuye a mejorar la seguridad global de la planta	NO	SI	SI

Fuente: (Sánchez et al., 2006)

Realizado por: Torres, R.; Rodríguez, M., 2021

2.4.2. Fallos mecánicos

Se entiende por fallo de una máquina cualquier cambio en la misma que impida que ésta realice la función para la que fue diseñada. Dentro de esta definición cabe un gran número de diferentes tipologías de fallo, clasificadas según la causa que lo generó: fallo mecánico, fallo eléctrico, fallo en la instrumentación de medida, fallo en los dispositivos de control, etc. (Sánchez et al., 2006: p.22)

2.4.2.1. Determinación de fallos funcionales y fallos técnicos

Se define como fallos funcionales aquellos que impiden al equipo o al sistema analizado cumplir su función, para determinar un fallo funcional no tenemos más que determinar la función que cumple y definir el fallo como la anti función. (García, 2010: p. 39)

Un fallo técnico es aquel que no impide al equipo que cumpla su función, pero supone un funcionamiento anormal de este que puede suponer una degradación acelerada del equipo y acabar convirtiéndose en fallos funcionales. (García, 2010: p. 40)

2.4.2.2. Localización de fallos

Teniendo en cuenta que la determinación de un daño, es la causa que origina en muchos casos mayor pérdida de tiempo en la reparación, esta debe hacerse sistemática y lógicamente. Una actitud sin meditación y sin un concepto claro raramente conduce al éxito. Cada prisa en la localización de errores es inoportuna y aumenta además el riesgo de seguridad. Por desaciertos y decisiones erróneas se gasta más tiempo que con trabajo continuo y concentrado. Cuanto más rápida y exactamente se investiga el daño y su causa, tanto más eficaz y mejor puede ser su reparación.

La vigilancia permanente de máquinas durante la operación o el mantenimiento juega un rol importante en los instrumentos avanzados, para detectar fallas o condiciones fuera del estándar. La presencia visual de desgastes, situaciones anormales y ruidos indica que se está ante un generador de falla, que puede evitarse si se emprenden las acciones correspondientes. (Kelly et al., 1998)

2.5. Corrosión

Se define como la degradación de un material a causa del ambiente en que está inmerso. Esta degradación se debe al resultado de las interacciones del material y el ambiente bajo condiciones de exposición determinadas. La corrosión puede ser de dos tipos: generalizado y o por picadura. (Bilurbina et al., 2003: p. 13)

2.5.1. Corrosión Galvánica

Se produce este tipo de corrosión cuando dos metales de diferente potencial electroquímico están unidos eléctricamente en un medio húmedo; de esta forma una pila química, en la cual el metal

menos noble actúa de ánodo y el más resistente de cátodo. Básicamente se produce una disolución del metal en el ánodo equilibrada por una reacción en el cátodo. (Bilurbina et al., 2003: p. 53)

2.5.2. Pitting

Se define como el tipo de corrosión en la que hay un ataque intenso en sitios localizados en la superficie del metal. Estos sitios localizados se corroen más rápido que el resto de la superficie metálica. Tal fenómeno surge debido a la ruptura de la protección de la superficie metálica en el sitio local con respecto a la superficie total del metal. El entorno químico del área local podría eliminar capas de protección como óxidos o películas de sales metálicas. Por lo tanto, estas fallas pueden deberse a: 1) imperfección cristalina del metal en el sitio local, 2) inclusiones en el metal, o 3) ruptura local de la película inhibidora (en el caso de tratamiento químico). (Obeyesekere, 2001)

2.6. Desgaste y erosión

El desgaste y la erosión eliminan material de un componente por ataque mecánico de sólidos o líquidos. La corrosión y falla mecánica también contribuyen a este tipo de ataques.

2.6.1. Desgaste adhesivo

También conocido como rayado, excoriación o agarrotamiento, se presenta cuando dos superficies sólidas se deslizan una sobre otra bajo presión. Las salientes de una superficie, o asperezas, se deforman plásticamente y al final quedan soldadas entre sí por las altas presiones locales. A medida que continúe el desplazamiento, estos enlaces se rompen y producen cavidades en la superficie, salientes en la segunda superficie y frecuentemente diminutas partículas abrasivas, todas las cuales contribuyen un mayor desgaste de la superficie (Askeland et al., 2012: p. 879)

2.6.2. Desgaste abrasivo

Cuando se elimina material de una superficie por contacto con partículas duras, se presenta el desgaste abrasivo. Puede haber partículas en la superficie de un segundo material o puede existir como partículas sueltas entre las dos superficies. El desgaste abrasivo también se usa para operaciones de maquinado con el fin de eliminar material de manera intencional, los materiales de alta dureza, buena tenacidad y elevada resistencia al calor solo los más resistentes al desgaste abrasivo. (Askeland et al., 2012: p. 880)

2.7. Trabajos de mantenimientos comunes

Para el correcto funcionamiento de los equipos es necesario realizar ciertos tipos de trabajos relativamente sencillos, los cuales pretenden alargar la vida de los equipos y prevenir la prolongación de los diferentes tipos de fallas este tipo de mantenimiento pueden ser realizadas por el mismo operador, entre las principales acciones tenemos:

2.7.1. *Lubricación de equipos*

Esta es una operación esencial complementaria a la reparación de las máquinas. Consiste en el examen regular de las mismas con el fin de detectar y subsanar posibles causas de fallo antes de que éste ocurra. También consiste en la limpieza, lubricación y puesta a punto periódica de los elementos de las máquinas, con el fin de optimizar su funcionamiento y durabilidad. (Sánchez et al., 2006: p.9)

La lubricación es fundamental importancia en el mantenimiento de las máquinas. El análisis de aceite usado puede indicar el estado en que se encuentra la máquina y muestras las fallas que se están presentando. Por esto los lubricantes sufren contaminación, oxidación y pérdida de aditivos. Por lo cual se realizan pruebas químicas que muestran la variación de las características originales. Un programa de muestreo y análisis de lubricantes no es un sustituto del mantenimiento planeado y bien ejecutado. (García, 2006)

La reducción de la fricción y del desgaste en las máquinas, la eliminación del calor y el arrastre de impurezas son algunos de los beneficios que tiene un adecuado manejo y operación logística de lubricantes, aceites y grasas en la función de mantenimiento y operación de las maquinarias.

2.7.2. *Mantenimiento de engranajes*

Los engranajes son sistemas mecánicos utilizados para transmitir potencia entre ejes en diferentes configuraciones espaciales. La transmisión por engranajes es muy rígida y no permite deformaciones sensibles en el sentido del movimiento. (Sánchez et al., 2006: p.51)

Tabla 4-2. Actividades de mantenimiento pequeña de engranajes.

No	Descripción
1	Sustituir el aceite en uso
2	Abrir acoplamiento, limpiar y revisar sus partes
3	Rotar a mano el árbol, comprobando el giro libre y el comportamiento de los cojinetes
4	Sacar las tapas del reductor
5	Revisar estado del árbol de alta, intermedio y de baja

6	Revisar el dentado de las ruedas y piñones
7	Cambiar rodamientos de rodillos cónicos si es necesario
8	Cambiar retenes y sellos si es necesario
9	Armar y alinear el reductor

Fuente: (Ferrer, 2015)

Realizado por: Torres, R.; Rodríguez, M., 2021

2.7.2.1. Lubricación en cajas de engranajes

Las cajas de engranajes (cajas reductoras) están compuestas de trenes de engranajes que poseen ejes intermedios con diferentes etapas de reducción. Se utilizan para transmitir potencias cuando se requiere relaciones de transmisión o relaciones de par mayores que las logradas con engranajes simples.

Las cajas reductoras habitualmente se compran por catálogo. Los fabricantes ponen a disposición de sus clientes una gran variedad de modelos que cubren la mayor parte de las necesidades industriales. Las cajas reductoras vienen provistas de todo lo necesario para su mantenimiento, dado que los engranajes necesitan estar bañados en lubricante para su funcionamiento óptimo, estas cajas cuentan con conductores para el suministro, la evacuación y el purgado del lubricante. (Sánchez et al., 2006: p.55)



Figura 10-2. Motor reductor Sumito.

Fuente: (Rodríguez et al., 2014)

Los engranajes constituyen una aplicación crítica en lo relativo a lubricación debido a que en ellos se transmiten fuerzas elevadas con contactos de pequeñas áreas, lo que genera presiones muy elevadas. En esta situación, un lubricante normal tiende rápidamente a ser expulsado del área de contacto, sin poder ejercer su función principal. Para evitar esto, se utiliza lubricantes de alta viscosidad y, en ocasiones con agentes de extrema presión. En algunos casos los engranajes pueden estar lubricados por grasas en lugar de aceites, esta debe poseer unas propiedades similares a la de los aceites. También es común que el mismo lubricante de los engranajes sirva para lubricar los rodamientos sobre los que apoyan los ejes de las etapas de reducción

Este procedimiento consigue determinar la viscosidad correcta para el arranque y operación de estos equipos. Una vez que esté en marcha se puede variar esta viscosidad levemente para compensar, por la temperatura del ambiente, del trabajo, o simplemente ajustarlo para lograr la menor temperatura operacional posible del reductor. (International SRL, 2009)

Si el reductor no es monitoreado con instrumentación que permita realizar su diagnóstico mediante el análisis de síntomas, sería posible realizar análisis de vibraciones, consumo de potencia y calidad del aceite en uso. (Ferrer, 2015) las actividades de mantenimiento según este autor son:

2.7.3. Mantenimiento de Cadenas

Las cadenas son sistemas de transmisión de potencia similares a las correas en los que las poleas son sustituidas por ruedas dentadas. El mantenimiento debe ser periódico y, por lo tanto, debe ser incluido en el programa de mantenimiento de la máquina. La frecuencia de realización de tareas de mantenimiento depende de varios factores entre los que se encuentran la severidad de la utilización de la transmisión, la suciedad del ambiente, la existencia o no de una carcasa de protección de la transmisión, etc. (Sánchez et al., 2006)

Tabla 5-2. Actividades de mantenimiento Pequeña de Cadenas.

No	Descripción
1	Verificación de la tensión y alargamiento de la cadena
2	Limpieza
3	Verificación del desgaste de las ruedas y piñones
4	Verificación del estado del lubricante
5	Verificación de la alineación de las ruedas dentadas

Fuente: (Ferrer, 2015)

Realizado por: Torres, R.; Rodríguez, M., 2021

2.7.3.1. Verificación de la tensión y alargamiento de la cadena

Aún con la lubricación adecuada, la cadena sufre desgaste y alargamiento por lo que, con el tiempo, se puede llegar a una situación de alargamiento excesivo que exija un reemplazo total de la misma. Esto puede verificarse estirando manualmente, si la cadena tiende a despegarse de los dientes de la rueda es porque la longitud de cada eslabón se ha incrementado y ya no coincide

exactamente con el paso del piñón. Cuando la cadena ha sufrido un alargamiento excesivo ya no puede ser reparada. Su uso hace que la cadena tienda a saltar sobre los dientes del piñón más pequeño, provocando deficiencias en la transmisión y deteriorándose la cadena y el piñón rápidamente. (Sánchez et al., 2006)

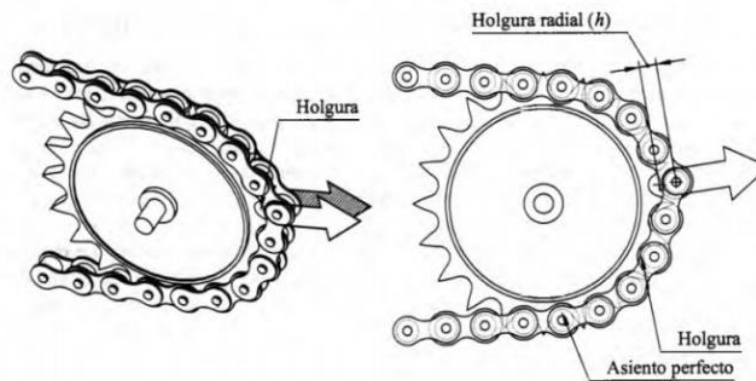


Figura 11-2. Comprobación del alargamiento de cadena.

Fuente: (Sánchez et al., 2006)

2.7.3.2. *Lubricación de cadena*

Una de las actividades más importantes para la conservación y buen funcionamiento del sistema de transmisión por cadena es la lubricación. La lubricación influirá directamente en evitar el desgaste de los componentes y una operación silenciosa. Con frecuencia se debe retirar la cadena, se debe lavar con un disolvente para retirar todos los rastros de lubricante y luego se debe sumergir en un lubricante de alta viscosidad o grasa caliente para que penetre en todos los pines, bujes y rodillas. Observar periódicamente el estado de los componentes, identificar desgastes prematuros, despicados en los dientes o cualquier otra alteración de los componentes. (Ruiz, 2010)

Lubricación manual: Para los casos donde el mecanismo es simple, se puede realizar la lubricación de forma manual usando una pequeña brocha. Pero este tipo de lubricación provoca un desgaste en forma de diente de sierra, ya que el desgaste se reduce cuando se aplica la lubricación y crece bruscamente cuando ésta se ha perdido (que es cuando se requiere una renovación de la misma). . (Sánchez et al., 2006)

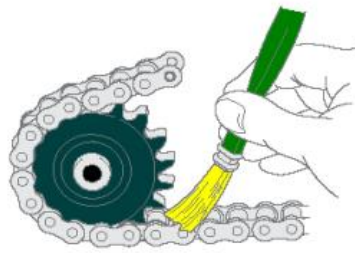


Figura 12-2. Lubricación manual.

Fuente: (Ruiz, 2010)

2.7.4. Mantenimiento de sistema de apoyo de ejes.

Los cojinetes son componentes muy susceptibles a fallar debido a su principio de funcionamiento. Son elementos con tendencia a la inestabilidad ante condiciones de funcionamiento anormales (que, por otra parte, se producen al menos ocasionalmente en toda máquina). Por este motivo, con frecuencia los cojinetes deben ser reemplazados debido no al desgaste normal que sufren, sino a otros fallos como fallos de fabricación y montaje, desgaste estático, erosión por cavitación, fatiga, abrasión que se pueden producir fácilmente y que impiden que el cojinete desempeñe la función para la que fue diseñado. (Sánchez et al., 2006)

Tabla 6-2. Actividades de mantenimiento Pequeña de Rodamientos.

No	Descripción
1	Desmontaje
2	Adquisición de un rodamiento
3	Montaje
4	Lubricación
5	Alineación de rodamientos
6	Monitoreo básico de estado

Fuente: (ROYSE, 2019)

Realizado por: Torres, R.; Rodríguez, M., 2021

2.7.4.1. Montaje y desmontaje

Un rodamiento mínimamente mal montado perjudicará a todo el sistema maquinaria en el que quede incluido. El 16% de los fallos de un rodamiento se producen por una mala instalación. Distintas aplicaciones pueden requerir métodos de montaje mecánicos, hidráulicos o por calentamiento para lograr un montaje correcto y eficiente de los rodamientos. Seleccionar el método de montaje apropiado para su aplicación ayudará a prolongar la vida útil de sus

rodamientos y a reducir los costes generados por el fallo prematuro de los mismos, así como los posibles daños a la aplicación (SKF, 2011)

Montaje y desmontaje de rodamientos en frío: Los rodamientos de tamaño pequeño y mediano generalmente se montan en frío. Tradicionalmente, el rodamiento se monta con un martillo y un trozo de tubo. Esta práctica puede provocar la transmisión de fuerzas a través de los elementos rodantes, dañando los caminos de rodadura. (SKF, 2011)

Montaje y desmontaje de rodamientos en caliente: Los baños de aceite se suelen usar para calentar los rodamientos antes del montaje. No obstante, este método puede contaminar el rodamiento, provocando el fallo prematuro del mismo. Hoy en día, el calentamiento por inducción es el método más común para calentar los rodamientos, ya que permite un alto grado de control, eficiencia y seguridad. SKF ha marcado el estándar en el desarrollo de calentadores de inducción para rodamientos. (SKF, 2011)

Montaje y desmontaje de rodamientos con técnicas hidráulicas: Estas técnicas han ayudado a simplificar las disposiciones de rodamientos y a facilitar un montaje correcto y sencillo. Se necesita una gama completa de herramientas y equipos para poner en práctica estas técnicas hidráulicas. (SKF, 2011)

2.7.4.2. Lubricación de rodamientos

La lubricación es una tarea periódica que puede ser realizada mientras la máquina está en marcha, especialmente cuando el rodamiento está lubricado con grasa. En este caso, conviene siempre limpiar el engrasador y la zona que lo rodea para evitar la entrada de partículas de suciedad al interior. Cuando la lubricación es con aceite se debe verificar el nivel del mismo, asegurar que el orificio de aireación del nivel de aceite no está obstruido y comprobar visualmente (a través de los ojos de buey) el estado del lubricante. (Sánchez, 2006: p. 158)

2.7.4.3. Alineación

Está comprobado. La desalineación de los ejes es responsable de hasta el 50% de todos los costes relacionados con las averías de la maquinaria rotativa. Una alineación precisa de los ejes puede evitar un gran número de averías de la maquinaria y reducir las paradas no planificadas que provocan pérdidas de producción. En el difícil entorno actual donde se busca constantemente reducir costes y optimizar los activos, la necesidad de una alineación de ejes precisa es ahora mayor que nunca. Las máquinas tienen que alinearse tanto en el plano horizontal como en el vertical. La desalineación se puede deber a una desalineación paralela o angular y es, de hecho, una combinación de ambas. (SKF, 2011)

2.7.5. Alineación de ejes

La desalineación es un defecto mecánico que se define como la falta de coincidencia espacial de los ejes geométricos correspondientes a dos árboles (o ejes) de transmisión acoplados. Este concepto también puede ser aplicado a otros tipos de transmisiones en las que los ejes están dispuestos paralelamente (transmisiones por correa, transmisiones por engranaje, etc.) aunque, en estos casos, la desalineación denota ausencia de paralelismo entre los ejes geométricos. El problema de desalineación de ejes constituye un problema mecánico típico que se manifiesta de forma particular en la vibración de la máquina. Estas particularidades de la vibración generada hacen que el problema de alineación sea fácilmente detectable. (Sánchez, 2006: p. 209)

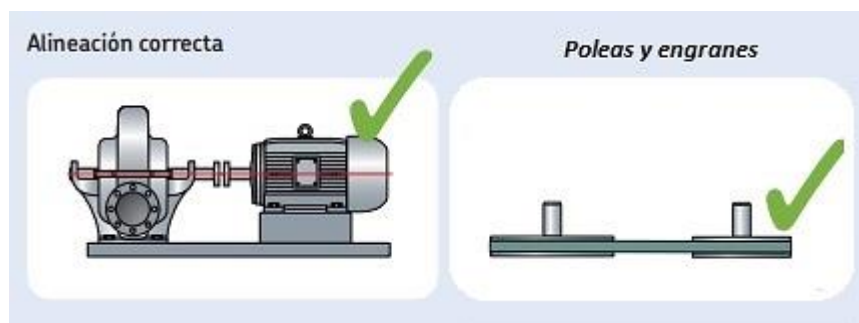


Figura 13-2. Alineación correcta de ejes.

Fuente: (SKF, 2011)

2.8. Automatización

La evolución tecnológica industrial ha traído consigo beneficios para el ser humano, siendo una de las principales razones: producir a costos cada vez menores para ser competitivos con una fabricación de 24 horas del día, interrumpiendo procesos únicamente con el objetivo de mantenimiento. De aquí que gracias a la automatización los trabajadores no tienen que realizar trabajos monótonos, pesados y mucho menos peligrosos para su salud. Sin embargo, la automatización enfrenta varias desventajas siendo estas: eliminación de puestos de trabajo, especialmente aquellos que pueden ocupar trabajadores de bajo nivel de calificación es decir en vez de quince trabajadores no capacitados, se necesita un solo operario cualificado, encargado del servicio técnico. (Ebel et al., 2007: p. 17)

La automatización es, esencialmente, la convergencia de tres tecnologías: mecánica, electrónica e informática, que paulatinamente han venido tejiendo una convergencia reticular como es el universo específico de la mecatrónica. Es la presencia de sistemas automáticos de dirección en los procesos tecnológicos que aseguran su optimización sin la intervención directa del hombre.

La producción adquiere así el aspecto de un ciclo automático que puede reestructurarse con rapidez y eficiencia. (Córdova, 2006: p. 120)

El concepto de automatización lleva implícita la supresión total o parcial de la intervención humana en la ejecución de diversas tareas, industriales, agrícolas, domésticas, administrativas o científicas. Se aplica la automatización tanto a las tareas más sencillas con las más complejas. (García, 1999: p. 9)

En conclusión, se puede decir que la automatización es una unión de las diferentes tecnologías que pretende facilitar las tareas humanas, mediante la sistematización automática o semiautomática de los diferentes procesos mecánicos, con una mayor precisión y seguridad que los procesos manuales gracias a los diferentes elementos mecánicos, eléctricos, electrónicos e informáticos.

2.8.1. Controles programables con relés

Se trata de controles en los que la lógica o el «programa» se ejecuta mediante las conexiones establecidas con relés. Un buen ejemplo de este tipo de sistemas de control son los controles por contactos. Estos controles suelen funcionar con relés y se utilizan para solucionar tareas de control sencillas. Una aplicación típica consiste en el accionamiento de motores eléctricos. (Ebel et al., 2007: p. 78)

2.8.2. Herramientas usadas

Se define como herramientas todo aquellos que ayuda a la construcción de un objetivo

2.8.2.1. Raspberry Pi 3 B+

Es una placa única (Figura 14-2) perteneciente al conjunto de los microordenadores Raspberry pi, de bajo costo con capacidades similares a las de un ordenador común, dotado con conjunto de salidas y entradas GPIO que facilitan las conexiones de sensores y actuadores.

A diferencia de las demás placas Raspberry Pi 3 B+ posee un procesador de 1.4 GHz, y es capaz de alcanzar los 300MPS al funcionar sobre USB 2.0, además de las demás características comunes esta placa tiene una capacidad en RAM de 1gb LPDDR2 SDRAM.



Figura 14-2. Raspberry Pi 3 B+.

Realizado por: Torres, R.; Rodríguez, M., 2021

2.8.2.2. *Codificador Rotacional Incremental*

Los codificadores rotatorios (conocidos genéricamente como Encoder) son mecanismos utilizados para entregar la posición, velocidad y aceleración del rotor de un motor. Un codificador rotatorio es un dispositivo electromecánico que convierte la posición angular de un eje, directamente a un código digital. (Venegas, 2009)

Los Encoder son sensores que generan señales digitales en respuesta al movimiento. Están disponibles en dos tipos, uno que responde a la rotación, y el otro al movimiento lineal. Cuando son usados en conjunto con dispositivos mecánicos tales como engranes, ruedas de medición o flechas de motores, estos pueden ser utilizados para medir movimientos lineales, velocidad y posición. (West Instruments, 2009)

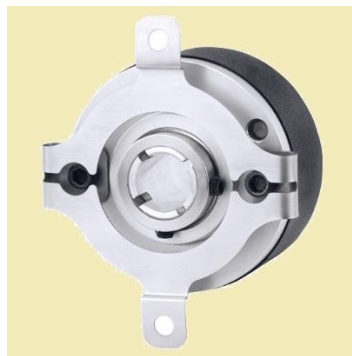


Figura 15-2. Encoder Rotacional 1000ppr.

Fuente: (West Instruments, 2009)

2.8.2.3. Relé de estado sólido

Los relés de estado sólido son SPST, dispositivos conmutadores normalmente abiertos sin partes móviles, capaces de realizar millones de ciclos de operaciones. Aplicando una señal de control, un SSR enciende la corriente de carga CA, del mismo modo que los contactos móviles actúan en un contactor mecánico. Las cargas trifásicas pueden controlarse utilizando 2 o 3 SSR. Utilice 3 SSR para cargas trifásicas con conexión en “Y” o “estrella” utilizando una línea neutra. La “conmutación” tiene lugar en el punto de cambio de voltaje 0 del ciclo de corriente alterna. Por esta razón, no se genera ningún ruido electrónico apreciable, por lo que los SSR son ideales para entornos en los que hay aparatos susceptibles a RFI. (Omega, 2006)



Figura 16-2. Relé estado Sólido.

Fuente: (Omega, 2006)

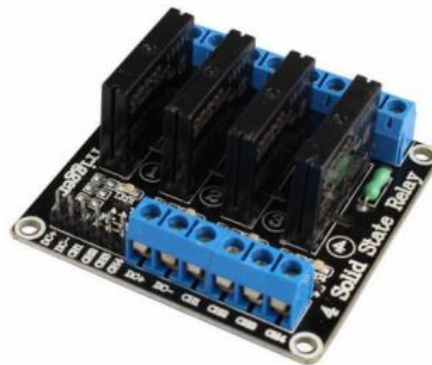


Figura 17-2. Módulo de Relé Solido de 4 canales.

Fuente: (Omega, 2006)

2.8.2.4. Monitor

Es un periférico de salida generalmente utilizado en ordenadores que muestra imágenes estáticas o secuenciales generadas por los adaptadores gráficos y de videos. Actualmente estos dispositivos

tienden a conectarse al ordenador mediante dos tipos de conexiones, la VGA (*Video Graphics Array*) y la HDMI (*High Definition Multimedia Interface*) la definición y calidad de la imagen la define es de gran variedad, pero puede modificarse desde el dispositivo de control.



Figura 18-2. Monitor HDMI Dell.

Fuente: (Omega, 2006)

2.8.2.5. Teclado multimedia y mouse óptico

Son periféricos de entrada que permiten la comunicación entre el usuario y el ordenador, estos dispositivos pueden tener una conexión directa o de manera inalámbrica, cumpliendo en ambos casos con la misma función. Estos dispositivos están compuestos por un conjunto de teclas que permiten la escritura de los diferentes caracteres, además de la navegación en los diferentes programas del ordenador.



Figura 19-2. Mouse inalámbrico marca Genius.

Fuente: (Sistemas y programas, 2017)

2.8.2.6. Extensor de puertos GPIO

Es el conjunto de placa, cables y conectores diseñados específicamente para la función de extender la conexión de los puertos GPIO de la placa Raspberry, permitiendo facilitar la conexión entre la placa y los diferentes sensores y actuadores. Existen de diferentes dimensiones siempre y cuando la resistencia de los cables no supere la capacidad de la fuente de alimentación.



Figura 20-2. Extensor de conexión puertos GPIO.

Fuente: (Wonderful engineering, 2016)

2.8.2.7. *Sensor magnético*

Los contactos Reed son detectores de posición de accionamiento magnético. Estos detectores tienen dos lengüetas de contacto que se encuentran en un tubo de vidrio lleno de gas inerte. Por efecto de un imán se cierra el contacto entre las dos lengüetas, de modo que puede fluir corriente eléctrica. Tratándose de contactos Reed normalmente cerrados, las lengüetas están pretensadas mediante un pequeño imán. Esta precarga se supera mediante un imán mucho más potente. (Ebel et al., 2007: p. 38)



Figura 21-2. Sensor Magnético.

Fuente: (Ebel et al., 2007: p. 38)

2.8.2.8. *Contacto normalmente abierto*

En el caso de un contacto normalmente abierto, el circuito de corriente está interrumpido mientras el interruptor se encuentra en su posición normal. Accionando el interruptor, se cierra el circuito eléctrico y se alimenta corriente eléctrica a la unidad consumidora. Soltándolo, el interruptor tipo pulsador recupera su posición normal por acción de un muelle, por lo que se interrumpe nuevamente el circuito eléctrico. (Ebel et al., 2007: p. 26)

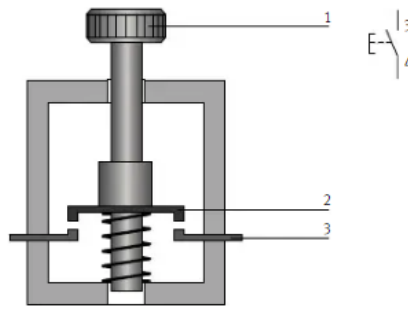


Figura 22-2. Contacto normalmente abierto

Fuente: (Ebel et al., 2007)

2.8.2.9. *Luces pilotos*

Éste es un elemento visual que indica condiciones de funcionamiento, como la presencia de energía en un tablero de control o una anomalía en el funcionamiento de cualquier tipo de sistema. Existen de diversa formas y colores. Se utilizarán tres colores de luces pilotos para describir cada uno de los estados en los que se encuentra la secuencia del péndulo, las mismas que son: naranja, verde y roja. (Rubio, 2012)

2.8.2.10. *Contactador magnético.*

Este elemento es un dispositivo de comando de potencia, que se utiliza para conectar y desconectar un equipo eléctrico que puede ser una bomba, un motor, y otros elementos. A través de una botonera virtual o física, interruptores de presión, guarda niveles, interruptores de flujo. (Rubio, 2012)

2.8.2.11. *Relé térmico.*

[34] Es un dispositivo que se instala en el tablero eléctrico, normalmente conectado en conjunto con el contactor su función es proteger en forma - 128 - exclusiva al motor de una sobrecarga o sobrecalentamiento que puede ser en el bobinado del motor o en los conductores que las conectan al tablero, cuando el motor sufre una falla térmica, éste aparato es el que desconecta el sistema. Para volver a encender el sistema el relé se reinicia a través de un botón de color rojo. Las características técnicas del relé de sobrecarga que se utilizó en el sistema son las siguientes. (Rubio, 2012)

2.9. Procesos de Desarrollo Software

El desarrollo de un sistema software debe seguir un proceso que especifique cómo debe ser, que permita controlar y seguir la evolución del sistema y que permita establecer aproximadamente su

coste. La construcción de un sistema software conlleva una serie de actividades que componen el ciclo de vida software. Suele optar por procesos iterativos que responden mejor al problema derivado de los cambios en los requisitos. En muchos campos de aplicación, los requisitos van cambiando a lo largo del desarrollo del sistema. (Rodríguez et al., 2014: pp. 10-11)

2.9.1. Programación

El autómata es una máquina electrónica integrando elementos de hardware que son capaces de comunicarse físicamente con un proceso para: Recibir desde el proceso algunas variables (analógicas o digitales) que determinan su estado y que se denominan señales de entrada, y b) enviar otras variables que modifiquen tal estado en un determinado sentido, y que se denominan señales de salida. El intercambio de información entre autómata y proceso corre a cargo de las interfaces de E/S, requiere de un software que haga de interprete entre el sistema real y los deseos del usuario, por lo cual se dice q la programación es aquel código que posibilita la utilización del hardware para el control y la exploración de las aplicaciones. (Jiménez, 2004: p. 7)

Las secuencias de instrucciones que el ordenador puede ejecutar reciben el nombre de programas en código de máquina, porque el lenguaje de programación en el que están expresadas recibe el nombre de código de máquina. Un lenguaje de programación es cualquier sistema de notación que permite expresar programas.

2.9.2. Python.

Python es un lenguaje de programación el cual puede ser aplicado como imperativo o como lenguaje orientado a objetos, ofrece un entorno interactivo que facilita la realización de pruebas, tiene una sintaxis muy elegante y permite la escritura de programas de lectura muy fácil, esto hace que sus programas sean bastante compactos. Una de las principales características es la gratuidad de su interprete ya que posee una licencia de código abierto, por lo que se puede descargar para cualquier plataforma.

2.9.2.1. Programación orientada a objetos

La programación orientada a objetos es un paradigma de programación que busca representar entidades u objetos agrupando datos y métodos que puedan describir sus características y comportamiento. (Padilla, 2010)

Clase y objeto: Un objeto es una unidad que engloba en sí mismo características y comportamiento necesarias para procesar información. Cada objeto contiene datos y funciones. Y un programa se construye como un conjunto de objetos, o como un único objeto. (Padilla, 2010)

La clase es un modelo o prototipo que define las variables y métodos comunes a todos los objetos de cierta clase. También se puede decir que una clase es una plantilla genérica para un conjunto de objetos de similares características. (Padilla, 2010)

En la programación orientada a objetos, aparecen por primera vez los conceptos de clase y objeto. Una clase es como una especie de patrón conceptual, mientras que un objeto es la materialización de dicho patrón. (Gavarró, 2012)

Método: Un Método es en POO se encarga de procesar los mensajes que lleguen a un objeto, un método no es otra cosa que una función o procedimiento perteneciente a un objeto. (Padilla, 2010)

Interfaz: Las clases y por lo tanto también los objetos, tienen partes públicas y partes privadas. Algunas veces llamaremos a la parte pública de un objeto su interfaz. Se trata de la única parte del objeto que es visible para el resto de los objetos, de modo que es lo único de lo que se dispone para comunicarse con ellos. (Padilla, 2010)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

Método: Se utilizará un método investigativo e ingenieril tanto para la parte correspondiente al mantenimiento como para el desarrollo del sistema de adquisición de datos. Ya que se requiere un completo entendimiento de las técnicas de mantenimiento correctivo y preventivo acorde a las necesidades de cada elemento de la máquina, como también para el desarrollo del software e implementación del sistema de adquisición de datos que permita satisfacer los objetivos planteados.

Por último, se utilizará el método analítico para realizar la calibración de la máquina de ensayos Péndulo de Charpy II, mediante el análisis comparativo de los datos obtenidos de los ensayos de las probetas de diferentes materiales y los datos técnicos del fabricante del material.

3.1. Determinación de Fallos

Para la determinación de fallos de la maquina péndulo de Charpy II se realizará un conjunto de pruebas individuales especificadas en el presente trabajo, las cuales se acoplan a la instrumentación disponible, se comenzará con una inspección en estado estático y funcional que permita evidenciar los problemas en la máquina, para facilitar el análisis se dividirá al equipo en cinco sistemas independientes, basados en la función que cumplen y en los diferentes elementos que los componen. Se dividirá y analizará las fallas en base a los cinco sistemas especificados en la Tabla 1-3:

Tabla 1-3. Tabla de resumen de fallos en los sistemas.

Sistema	Estado	Tipo de fallo	Descripción de la falla
Sistema de adquisición de datos análogo	Funciona	Técnico	Marca valores erróneos
Sistema de elevación de martillo	No funciona	Funcional	No funciona conexiones, no funciona contactor.
Sistema de frenado	Funciona	Técnico	El frenado es leve
Sistema de embrague	No funciona	Funcional	Fallo interno
Sistema de adquisición de datos digital	No funciona	Funcional	Falta la programación, error en las conexiones, falta sensores magnéticos, falta Encoder.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.1. Fallos en el sistema de adquisición de datos analógico

Para determinar los fallos en el sistema de adquisición de datos analógico se realizará varias pruebas en vacío, las mismas que no deben dar valores diferentes de cero, caso contrario la maquina presentara un fallo técnico debido a que los valores que se obtendrán serán erróneos y muy diferentes entre sí.

Se procederá a desacoplar el sistema de frenado y el sistema de elevación del martillo, para descartar que estos sean la causa de la variación de las mediciones. Por lo tanto, si se mantienen los resultados de las pruebas en vacío con diferentes valores en las mediciones se podrá concluir que el fallo está en el eje, en los rodamientos (Chumaceras) o en los pernos de sujeción.

3.1.1.1. Análisis del eje.

Las fallas que pueden ocasionar que varíen las mediciones en el sistema análogo a causa del eje son:

Eje desnivelado: Para la comprobación del nivel del eje se usará un medidor de nivel de superficie en los rodamientos de Apoyo (chumaceras) como muestra la Figura 1-3, para determinar si el ajuste en los pernos de sujeción es el correcto.



Figura 1-3. Medición de nivel superficial en las chumaceras.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Eje Flejado: Para la comprobación del estado del eje inicialmente se usará el método de la regla, el cual consisten en colocar el eje en una superficie horizontal totalmente plana, rotarlo lentamente sobre ella y observar si en algún momento alguna parte de eje deja de topar la superficie como

muestra la Figura 2-3. Posteriormente se comprobará el estado del eje técnicamente en un taller de precisión.



Figura 2-3. Comprobación del eje con el método de la regla.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.1.2. Análisis de los rodamientos de apoyo.

El eje principal se apoya en tres rodamientos (chumaceras) y la falla en estos elementos se puede presentar en dos componentes principales que son:

Rodamientos: Se desmontará y realizará un análisis de ruidos como muestra la Figura 3-3 y de movimiento a los tres rodamientos por separados, para verificar su estado y determinar la medida más adecuada de mantenimiento.



Figura 3-3. Prueba de ruido a los rodamientos.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Pernos de sujeción: Se realizará una inspección visual y una prueba de apriete a los pernos de sujeción para determinar su estado.

3.1.1.3. Análisis de los apoyos del yunque.

La integridad de los apoyos siempre está comprometida debido a que estos son los que soporta el impacto del martillo, para determinar su estado se desmontará y realizará un examen visual para observar y determinar el grado de deformación presente.



Figura 4-3. Apoyos de las probetas deteriorados.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.1.4. Análisis del percutor

Al igual que los apoyos de yunque estos elementos son los que reciben las cargas del impacto directamente, por lo que suelen presentar deformaciones relevantes en su estructura, para lo cual se someterá el percutor a un examen visual para determinar su estado y grado de deformidad comparando su estructura con los datos de diseño inicial de la Tabla 2-3.

Tabla 2-3. Datos de diseño del percutor.

Datos del percutor	
Densidad	7800 kg/m ³
Diámetro base	58.55 mm
Altura base	14.4 mm
Espesor	23.3 mm
Longitud	38 mm
Ángulo de punta	30°

Fuente: (Rubio y Yuquilema, 2012)

Elaborado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.2. Fallos en el sistema de elevación de martillo

Se realizará una conexión directa de la alimentación al motor reductor para determinar la funcionalidad del mismo, este procedimiento determinará si la falla funcional se encuentra en el motor reductor o en alguno de los componentes electrónicos de protección, contacto o a su vez en los conductores eléctricos.

3.1.2.1. Análisis del motor reductor

Las fallas que pueden ocasionar que el motor reductor no funcione se pueden presentar en los siguientes elementos:

Conexiones eléctricas: Para la comprobación del estado de las conexiones eléctricas, se procederá a realizar pruebas de continuidad y de voltaje en los diferentes puntos de conexiones al motor reductor.

Componentes eléctricos: El motor reductor fue dotado de un sistema de protección eléctrico el cual consta de un contactor trifásico y un relé térmico, y para verificar su estado se realizará pruebas de continuidad y voltaje en sus puntos de conexión.

Reductor: Para la verificación del estado del reductor, se procederá a poner en funcionamiento continuo al motor-reductor y mediante una prueba de ruidos se comprobará el estado de sus engranes internos.

3.1.2.2. Análisis de la transmisión por cadena:

Las fallas que se pueden presentar en el sistema de transmisión por cadena y que pueden ocasionar un mal funcionamiento del sistema son:

Desalineación de los ejes: Se aplicará el método de la regla para la comprobación de la alineación entre los piñones.

Alargamiento de la cadena: Para comprobar que no exista alargamiento en la cadena, se pondrá en funcionamiento el sistema y se verificará que no exista ningún salto entre dientes en el proceso de elevación del martillo, además que se revisará que exista el juego necesario para la correcta funcionabilidad del embrague.

Resultados: En el sistema de transmisión por cadena se consideró que el diseño del embrague exige que haya un juego que permita el movimiento del eje del motor reductor, por lo cual debe existir cierta holgura en la cadena, más sin embargo se determinó que es el correcto ya que en la puesta en marcha del sistema no se evidencian ningún salto entre dientes. La falta de mantenimiento evidencio una falta de lubricación en la cadena.

3.1.3. Fallos en el sistema de frenado.

Para determinar los fallos de este sistema se procederá a elevar el martillo a diferentes alturas, seguido de presionar el pedal del freno a fondo, así se analizará las causas del fallo técnico en los diferentes elementos que componen el sistema de frenado.

3.1.3.1. Análisis del sistema de frenado.

Los principales elementos que pueden causar que el sistema de frenado no funcione adecuadamente son:

Zapata y disco de freno: Mediante una inspección visual se observará el estado de la zapata, y se analizará el área de contacto de la misma con el disco de freno, también se aplicará una prueba de contra luz presionando el pedal de freno a fondo para observar desgastes irregulares.



Figura 5-3. Zapata de fibra de carbono prueba de contra luz.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Muelle mecánico: Se realizarán pruebas a diferente presión del pedal del freno y se observará la capacidad de retorno de la zapata a su posición inicial.



Figura 6-3. Muelle original y muelle nuevo.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.4. Fallos en el sistema de Embrague

Para determinar los fallos en el sistema del embrague se procederá a realizar pruebas con el motor reductor conectado directamente a la alimentación sin intervención del controlador, así se determinará si el fallo funcional del embrague es provocado por el deterioro de alguno de los elementos que lo componen.

3.1.4.1. *Análisis del sistema de embrague*

Para poder determinar las fallas presentes en el sistema de embrague es necesario desmontarlo totalmente y analizar los siguientes componentes:

Acoples del embrague: Se analizará por medio de una inspección visual los acoples que componen el embrague, se verificará las dimensiones de los pines del acople macho para constatar que encaje perfectamente con el acople hembra.



Figura 7-3. Pin del embrague desgastado.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Rodamientos: Se realizará una inspección visual al igual que una prueba de ruidos y movimientos para determinar el estado de los rodamientos.



Figura 8-3. Rodamiento deteriorado del embrague.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.5. Fallos en el sistema de adquisición de datos digital

El sistema de adquisición de datos es totalmente obsoleto, la ausencia de varios sensores magnéticos, del Encoder diferencial y la falta del software requerido para el control del sistema de elevación del martillo como para la adquisición de datos, no permiten ningún tipo de recuperación del mismo, para lo cual se desarrollará e implementara un nuevo sistema de adquisición de datos, inicialmente se realizará un análisis de alternativas y se seleccionará un controlador que permita cumplir con los objetivos planteados, se desarrollará un software basados en los requerimientos de la norma y dotado de ciertas características didácticas, y finalmente se implementara el controlador y sus componentes a la máquina de ensayos Péndulo de Charpy II.

3.2. Mantenimiento del Péndulo Charpy.

Las máquinas Charpy deben verificarse directa e indirectamente anualmente. Los datos son válidos solo cuando se producen dentro de los 365 días posteriores a la fecha de la prueba de verificación exitosa más reciente. Las máquinas Charpy también deben verificarse inmediatamente después de reemplazar piezas que puedan afectar la energía medida, después de realizar reparaciones o ajustes, después de haber sido movidas o siempre que haya motivos para dudar de la precisión de los resultados, sin importar el intervalo de tiempo. (ASTM, 2016)

Para el mantenimiento del Péndulo Charpy II, se aplicará un plan de mantenimiento correctivo, basados en las estipulaciones y requerimientos de la norma ASTM E 23 como también de la tesis (Rubio, 2012) , luego de determinar los fallos de funcionamiento y fallos técnicos, se analizará las acciones correctivas más adecuadas para cada elemento que corrija o mejore el funcionamiento del sistema correspondiente, en caso de ameritar la sustitución de algún elemento, se usará los cálculos de los trabajos de titulación anteriormente realizados a esta máquina como también conceptos nuevos estipulados en el presente trabajo .

Se aplicará el mantenimiento requerido en base al tipo de fallo determinado en cada elemento de los diferentes sistemas tal como lo especifica la Tabla 3-3.

Tabla 3-3. Resumen del tipo de mantenimiento aplicado a los elementos.

Sistema	Elementos	Tipo de mantenimiento
Sistema de adquisición de datos análogo	Eje	Mantenimiento Preventivo
	Chumaceras	Mantenimiento Correctivo y Mantenimiento Preventivo
	Apoyos del yunque	Mantenimiento Correctivo
	Percutor	Mantenimiento Correctivo
Sistema de elevación de martillo	Cadena	Mantenimiento Preventivo
	Ejes	Mantenimiento Preventivo
Sistema de frenado	Zapata	Mantenimiento Correctivo
	Disco de frenado	Mantenimiento Correctivo
	Muelle mecánico	Mantenimiento Correctivo
Sistema de embrague	Acoples	Mantenimiento Correctivo
	Rodamientos	Mantenimiento Correctivo
Sistema de adquisición de datos digital	Sensores	Mantenimiento Correctivo
	software	Mantenimiento Correctivo

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.2.1. Mantenimiento del Sistema de adquisición de datos análogo.

Se aplicará un mantenimiento preventivo y correctivo a los siguientes elementos que intervienen en la adquisición de datos análogos de la máquina de ensayos péndulo de Charpy II:

3.2.1.1. Mantenimiento al Eje

Se verificará que el eje no esté flejado, y no presente alguna deformación debido a la carga del peso del péndulo, ni esté desgastado, o con alguna otra anomalía que no le permita funcionar de manera eficaz. Se aplicará un mantenimiento preventivo para evitar la aparición o propagación del pitting en el material. Se aplicará un pulido extremadamente fino con una lija # 2000 para eliminar los puntos de corrosión presentes a lo largo del eje, para evitar el desgaste excesivo e irregular de la superficie se lo realizará con ayuda de un torno mecánico.



Figura 9-3. Eje en el torno centrado y preparado para el pulido.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.2.1.2. *Mantenimiento de los rodamientos de apoyo.*

El equipo Péndulo de Charpy II, está compuesta por tres rodamientos de apoyo los cuales están sometidos a los diferentes esfuerzos que provoca el peso del martillo, la falta de alineación de cualquiera de ellos provoca que el sistema se descompense y se produzcan esfuerzos en direcciones para los que estos no fueron diseñados, es por eso que para el mantenimiento de estos elementos se consideró dos aspectos importantes que son:

Rodamientos: Se realizará la lubricación correspondiente a los rodamientos de apoyo que se determine en buen estado, para ello se utilizará la grasa WD-40 según lo estipula en la tesis de (Rubio, 2012). De la misma manera de existir rodamientos deteriorados serán sustituido en base a las especificaciones determinadas en la misma tesis, siendo estos los correspondientes a una chumacera de pie con alojamiento de acero, del tipo relubricable, el resumen de los datos se encuentra en la Tabla 4-3:

Tabla 4-3. Características de la chumacera y rodamiento para apoyo del eje.

Chumacera		Rodamiento	
Características	Especificaciones	Características	Especificaciones
Denominación	UCP208-108D1	Denominación	UC208-108D1
Diámetro de eje	1 1/2 in	Tipo	Rodamiento de bolas con tornillo de fijación
Tamaño de perno	1/2 in	Diámetro del eje	1 1/2 in
Peso de la chumacera	4,2 lb	Designación del prisionero:	5/16 24 UNF

Fuente: (Rubio Rodríguez, 2012)

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021



Figura 10-3. Lubricación de Chumacera NBR-P208.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Pernos de sujeción: Se remplazarán los pernos de sujeción debido al deterioro de sus dientes, correspondiendo estos a seis pernos acerados $\frac{1}{2}$ " x 4" con sus respectivas arandelas para mejorar la sujeción, adicionalmente se dotará a cada perno de arandelas de presión para evitar que se pierda el ajuste dado en la alineación final.



Figura 11-3. Conjunto pernos, tuerca, arandela y arandela de presión.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.2.1.3. *Mantenimiento de los apoyos del yunque.*

Se realizará la comprobación del estado de los apoyos en la zona de impacto y de necesitar se procederá a la sustitución de los mismo, verificando que se cumpla que no exista una distancia mayor a 2,5 mm entre el percutor y los apoyos del yunque con un error máximo del 0,2% , por lo que las deformaciones en cualquiera de estos elementos incumpliría esa condición, para lo cual se usará los datos especificados en la tesis de (Rivera, 2002) basados en el diseño del Péndulo de Charpy II y los requerimientos de la norma ASTM E23 especificados a continuación en la Figura 12-3 con un acabado superficial de 0,1 μm .

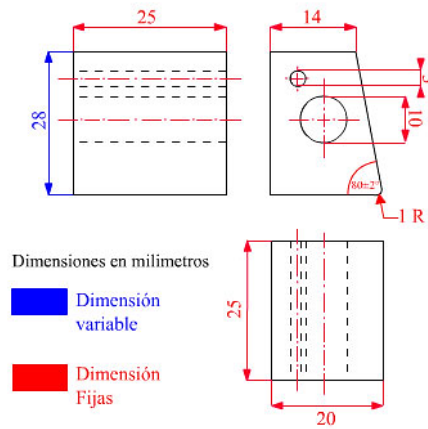


Figura 12-3. Vistas y dimensiones de los apoyos.

Fuente: (Rivera, 2002)

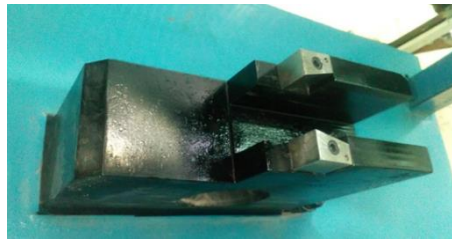
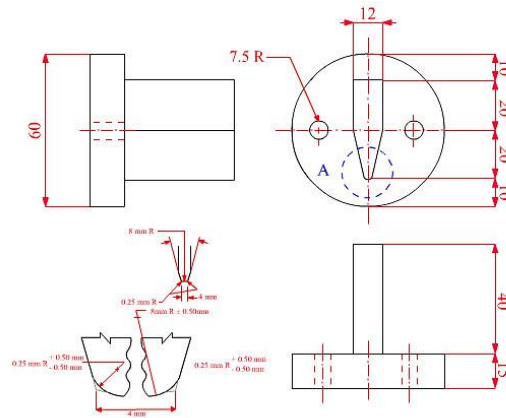


Figura 13-3. Yunque con nuevos apoyos.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.2.1.4. *Mantenimiento del percutor.*

Se realizará un análisis visual de la superficie del percutor y se lo remplazara con uno de las mismas características , para lo cual se usara las dimensiones estipuladas en el trabajo de tesis de (Rivera, 2002) , se mecanizará un nuevo percutor usando como material un eje de acero 100k de 75 mm de diámetro, siguiendo la figura 14-3, además que se realizó un mecanizado simétrico con un acabado superficial de 0,1 μm en ambos lados del percutor así en el siguiente mantenimiento si hace falta cambiar el percutor bastara con darle la vuelta.



Todas las dimensiones se encuentran en mm.

Figura 14-3. Dimensiones del percutor.

Fuente: (Rivera, 2002)



Figura 15-3. Percutor mecanizado en ambos lados.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.2. Sistema de elevación de martillo

Se aplicará un mantenimiento preventivo y correctivo a los siguientes elementos que intervienen en el sistema de elevación de martillo de la máquina de ensayos Péndulo de Charpy II:

3.1.2.1. Mantenimiento a la Cadena

Para el mantenimiento de la cadena inicialmente se comprobará que su longitud y estado sea los correctos, una vez verificada se le realizará un lavado en disolvente de grasas, esto para retirar residuos del lubricante anterior, y debido a que la cadena no tiene un sistema de lubricación ni de protección se utilizará un lubricante en spray 15w50 para un mejor rendimiento y adherencia.

3.1.2.2. *Mantenimiento de los piñones.*

Para el mantenimiento preventivo de los piñones se comprobará el estado físico de sus dientes, y se colocará una capa de pintura protectora para evitar la corrosión galvánica, se aplicará lubricante en spray 15w50 en los lugares de contacto con la cadena. Para finalizar, se realizará una alineación de los ejes y se fijará los prisioneros con Loctite para evitar que las vibraciones causen un desalineamiento repentino.

3.1.3. *Sistema de embrague*

Se aplicará un mantenimiento preventivo y correctivo a los siguientes elementos que intervienen en el sistema de embrague de la máquina de ensayos Péndulo de Charpy II:

3.1.3.1. *Mantenimiento de los acoples*

Se realizará un mantenimiento correctivo y preventivo a los acoples del embrague, para lo cual se analizará las medidas de los pines del acople macho, comparará sus dimensiones con los valores especificados en la Tabla 5-3, y finalmente se sustituirán los deteriorados.

Tabla 5-3. Especificaciones pines acople macho.

Características	Especificaciones
Material	ASTM 307
Largo	35mm
Diámetro	12mm

Fuente: (Rubio et al., 2012)

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021



Figura 16-3. Acople macho con pines nuevos.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Para eliminar los rastros de corrosión en el acople hembra, se aplicará un pulido fino con lija #1000, y finalmente ambos acoples se dotarán de una capa protectora de pintura para evitar la corrosión galvánica. Para finalizar se sustituirá los pernos de la carcasa protectora y los de fijación con el motor reductor.



Figura 17-3. Acople hembra pulido y con pernos nuevos.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.3.2. Mantenimiento de los Rodamientos.

El acople macho consta de dos rodamientos auto lubricados montados en un soporte que ajusta con el eje, con un tiempo de vida de 3 años, por lo cual se sustituirá los rodamientos en base a las características especificados en la Tabla 6-3.

Tabla 6-3. Características de los rodamientos del acople macho.

Características	Especificaciones
Denominación	6005-RS
Categoría	De bolas rígido
Diámetro Interno	25mm
Diámetro externo	47mm
Ancho	12mm

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021



Figura 18-3. Acople macho con nuevos rodamientos.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.4. Sistema de freno

Se aplicará un mantenimiento preventivo y correctivo a los siguientes elementos que intervienen en el sistema de frenado de la máquina de ensayos Péndulo de Charpy II:

3.1.4.1. Mantenimiento de la zapata.

Se verificará el estado de la zapata y se revisará la integridad del disco del freno, se sustituirá la fibra de carbono por un material cerámico, el mismo que permitirá un mejor acople entre las superficies y a su vez permitirá que el material a desgastarse en el proceso de frenado sea la zapata y no el disco.

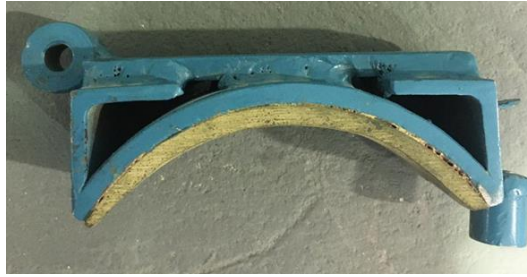


Figura 19-3. Zapata cerámica.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.4.2. *Mantenimiento de Disco.*

Se realizará un mantenimiento correctivo al disco del freno, para lo cual se someterá al disco a un mecanizado fino en torno que permita recuperará su uniformidad e integridad.

3.1.4.3. *Mantenimiento de muelle mecánico.*

El uso frecuente del freno ocasiona que la constante de recuperación del resorte se vea afectada, por lo que pierde la capacidad de retornar a su posición inicial, provocando que el sistema de frenado no funcione correctamente. Para lo que se aplicará un mantenimiento correctivo el cual consiste en sustituir el muelle mecánico basados en las especificaciones de la Tabla 7-3, además se implementará al soporte de la zapata de un apoyo ajustable para regular una posición inicial constante.

Tabla 7-3. Características del muelle mecánico.

Características	Especificaciones
Material	Acero F-141
# total de espiras	9
Longitud de alambre	22 cm
Calibre	2,5mm

Fuente: (Rubio, 2012)

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021



Figura 20-3. Soporte ajustable y muelle mecánico sustituidos.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.4.4. Mantenimientos adicionales.

El cable de acero que conecta el pedal del freno con el apoyo de la zapata presenta daños, por lo que se sustituirá el cable de acero inoxidable de 3 mm por uno nuevo con una longitud total de 2.87 m, adicionalmente se cambiará el sistema de sujeción transversal en el pedal del freno por uno longitudinal.



Figura 21-3. Perno de sujeción transversal en el pedal del freno.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.2.5. Mantenimiento del Sistema de adquisición de datos digital.

Para el mantenimiento del sistema de adquisición de datos digital se desarrollará e implementará un nuevo sistema de adquisición de datos.

3.2.5.1. Identificación de las necesidades.

Se requiere la implementación de un sistema de adquisición de datos que cumpla los requerimientos técnico y didácticos, ya que la finalidad del presente trabajo de titulación es

para complementación de los fundamentos teóricos, por lo que el software debe permitir una interfaz amigable con los usuarios, brindando la precisión y exactitud requeridas por la normas ASTM E 23, a más de estar a la par con la tecnología , permitir futuras implementaciones y mejoras sin afectar su estructura principal , y finalmente debe de ser de costos accesibles tanto el hardware principal como sus complementos.

3.2.5.2. *Análisis funcional*

La función principal del equipo es la adquisición de la energía absorbida por el material ensayado, para esto es necesario la comparación entre la energía potencial en vacío y la energía potencial luego del impacto con una probeta, y se realiza el cálculo de la misma por medio de la medición del ángulo de rotación del martillo y las ecuaciones correspondientes, finalmente el controlador convertirá las señales de salida en datos digitales que se puedan visualizar en una pantalla por el usuario.

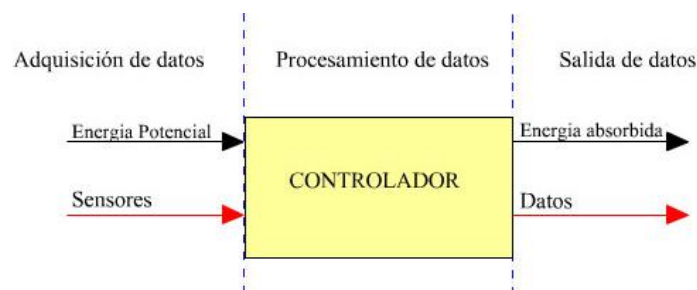


Figura 22-3. Diagrama de bloque del proceso de adquisición de datos.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.2.5.3. *Entrada de datos.*

La entrada de datos para la máquina de ensayos Péndulo de Charpy II, se dará por medio de pulsos digitales denominadas señales, las cuales estarán encargadas de determinar el estado de los componentes que intervienen en el proceso de medición y seguridad, para finalmente permitir la comunicación entre el estado de la máquina y el microcontrolador. Para lo cual se ha utilizado un conjunto de sensores: seis magnéticos, un Encoder diferencial, y un pulsador NA.

Sensores magnéticos.

Se usará un conjunto de contactores magnéticos, con los cuales se pretende eliminar las fallas mecánicas que suelen presentar los contactores mecánicos errando únicamente en la selección correcta del tipo, ya que los utilizados presentaban una carcasa de protección de plástico que

resultado muy débil por lo que se deterioraron rápidamente, por esta razón se los sustituyo con contactos magnéticos MJK 1002 que cuenta con una protección de acero.

Encoder Diferencial.

Se usará un Encoder diferencial, disponible en el mercado ecuatoriano que permitirá censar un total de 1000 paso por vuelta, a más de permitir determinar el momento exacto en que este invierte el giro, gracias a que viene dotado de tres variables A, B, y Z como lo especifica los datos del fabricante en el ANEXO G. Además de todo esto se lo usara este tipo de Encoder para evitar un proceso de adaptación o modificación en la parte final del eje, que pudiese poner en riesgo su integridad.

Pulsador NA.

Se usará un contactor del tipo pulsador normalmente abierto para controlar la activación y desactivación del motor reductor, este permitirá la elevación de martillo una vez que se ha realizado el acople correcto del embrague y se verifique las medidas de seguridad tomadas en cuenta.

Tabla 8-3. Tabla de resumen de sensores usados.

Designación	Tipo	Abreviatura	Ubicación	Aplicación	Estado inicial
Sensor 1	Sensor magnético	s1	Chumacera 1	Posición Martillo	1
Sensor 2	Sensor magnético	s2	Sujetador del martillo	Posición Martillo	0
Sensor 3	Sensor magnético	s3	Puerta de acceso	Estado de puerta	1
Sensor 4	Sensor magnético	s4	Compuerta de probeta	Estado compuerta	1
Sensor 5	Sensor magnético	s5	Embrague	Estado de embrague	0
Sensor 6	Encoder diferencial	s6	Fin del eje principal	Contador de pasos	0
Sensor 7	Pulsador NA	s7	Panel de control	Activación motor-reductor	0

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.2.5.4. Procesamiento de datos.

Existen una gran variedad de controladores aptos para realizar procesos de automatización y control industrial, que según los requerimientos del proceso brindan diversas opciones con amplias características, es por eso que se procederá a realizar un análisis de alternativas para determinar la mejor opción. Se tomará en cuenta aquellos controladores que se encuentran disponibles en el mercado local, para evitar costos de importaciones y a su vez que sean compatibles con los sensores requeridos por la máquina de ensayos Péndulo de Charpy II.

3.2.5.5. Análisis de alternativas

Las alternativas consideradas en este análisis, serán aquellas que presenten una mayor compatibilidad para el procesamiento de señales digitales, y tengan una amplia disponibilidad en el mercado ecuatoriano, para ello se considera las cuatro alternativas más utilizadas en este tipo de procesos de adquisición de datos y son las siguientes:

Alternativa 1: Como primera alternativa para el sistema de adquisición de datos se considerará un controlador lógico programable, más conocido como PLC, que es uno de los sistemas más utilizados en automatizaciones industriales, gracias a su robustez ante ambientes hostiles.



Figura 23-3. PLC Siemens.

Fuente: (Siemens, 2017)

Ventajas

- Son de tamaño reducido
- Soporta altas temperaturas
- Soporta las vibraciones
- Soporta polvo

Desventajas

- Alto costo de adquisición
- Requiere un software con licencia para su programación
- Alto costo de mantenimiento
- Requiere de complementos para diversas implementaciones

Alternativa 2: Como segunda alternativa para el sistema de adquisición de datos se considerará los denominados microcontroladores, más conocido como PIC, que fueron los sistemas más

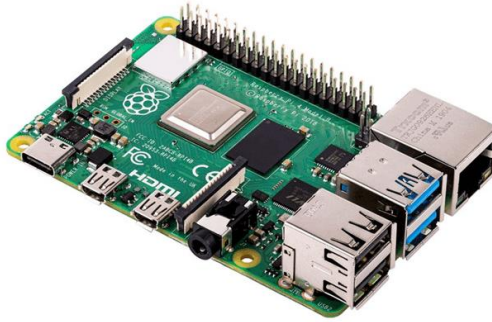


Figura 25-3. Raspberry Pi 4 B.

Fuente: (Dynamo, 2015)

Ventajas:

- Bajo costos de adquisición
- Programación en software libre
- Bajo costos de mantenimiento
- Compatibilidad con accesorios de Pc
- Gran información en la red de su accesibilidad.

Desventajas

- Poco robusto a ambiente hostiles
- Se necesita de una carga previa del software
- Necesita un sistema de refrigeración

Alternativa 4: Como cuarta opción se considerará una tarjeta de adquisición de datos, que funciona como una interfaz de comunicación entre el pc y las señales físicas, permitiendo la obtención y procesamiento de datos mediante el desarrollo de un software adecuado.



Figura 26-3. Tarjeta de adquisición de datos.

Fuente: (National Instruments, 2017)

Ventajas

- Alta precisión
- Costos relativamente moderados
- Variedad de selección de tipos

Desventajas

- Obsolescencia tecnológica
- Necesita de un pc como complemento
- Programas de programación de paga

3.1.5.6. Análisis y evaluación de la mejor alternativa.

Se utilizará el método ordinal corregido de criterios ponderados, para poder obtener un criterio objetivo de la mejor alternativa de controlador en base a las necesidades y objetivos planteados.

1- Cuando el Criterio de la fila es mejor que la columna.

0.5- Se dará cuando el criterio entre columna y fila sea igual.

0- cuando el criterio de la columna supera a la fila.

Se utilizó los siguientes criterios para el análisis de la mejor alternativa en base al peso específico de cada uno:

- Costo
- Fiabilidad
- Didáctico
- Durabilidad
- Fácil montaje

Tabla 9-3. Evaluación del criterio por peso específico.

	Costo	Fiabilidad	Didáctico	Durabilidad	Fácil montaje	$\Sigma=1$	% ponderación
Costo		1	1	1	1	5	33,33
Fiabilidad	0		1	1	1	4	26,67
Didáctico	0	0		0,5	1	2,5	16,67
Durabilidad	0	0	0,5		1	2,5	16,67
Fácil montaje	0	0	0	0		1	6,67

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

En base al análisis anterior se considerará como principales criterios para la evaluación de las alternativas: el costo del producto y la fiabilidad que ofrece el fabricante, se busca una alternativa que brinde un equilibrio entre el costos para el usuario y la fiabilidad que nos garantice el fabricante, ya que los resultados de energía absorbida no puede presentar una baja fiabilidad por la disminución de costos, es por eso que en base a estos dos criterios se evaluara las diferentes alternativas.

Evaluación de Alternativas

Para la siguiente evaluación se analizará las diferentes alternativas en base a cada uno de los criterios considerados anteriormente, ya que son los principales que se buscan obtener en el presente trabajo de titulación como características básicas del controlador.

Tabla 10-3. Evaluación de alternativas según el criterio COSTO.

COSTO	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma=1$	% ponderación
Alternativa 1		0	0	0	1	10,00
Alternativa 2	1		1	1	4	40,00
Alternativa 3	1	0		0,5	2,5	25,00
Alternativa 4	1	0	0,5		2,5	25,00
Total					10	100,00

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Tabla 11-3. Evaluación de alternativas según el criterio FIABILIDAD.

Fiabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma=1$	% ponderación
Alternativa 1		1	0,5	1	3,5	35,00
Alternativa 2	0		0	0	1	10,00
Alternativa 3	0,5	1		1	3,5	35,00
Alternativa 4	0	1	0		2	20,00
Total					10	100,00

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Tabla 12-3. Evaluación de alternativas según el criterio DIDACTICO.

Didáctico	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma=1$	% ponderación
Alternativa 1		1	0	0,5	2,5	25,00
Alternativa 2	0		0	0	1	10,00
Alternativa 3	1	1		1	4	40,00
Alternativa 4	0,5	1	0		2,5	25,00
Total					10	100,00

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Tabla 73-3. Evaluación de alternativas según el criterio DURABILIDAD.

Durabilidad	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma=1$	% ponderación
Alternativa 1		1	0,5	0,5	3	30,00
Alternativa 2	0		0	0	1	10,00
Alternativa 3	0,5	1		0,5	3	30,00
Alternativa 4	0,5	1	0,5		3	30,00
Total					10	100,00

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Tabla 14-3. Evaluación de alternativas según el criterio FACIL MONTAJE.

Fácil montaje	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	$\Sigma=1$	% ponderación
Alternativa 1		1	0	0,5	2,5	25,00
Alternativa 2	0		0	0	1	10,00
Alternativa 3	1	1		1	4	40,00
Alternativa 4	0,5	1	0		2,5	25,00
Total					10	100,00

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Finalmente, se determinará la opción más idónea para el controlador del sistema de adquisición de datos, por prioridad fuera de margen como se muestra en la Tabla 15-3.

Tabla 15-3. Resumen de las alternativas por prioridad fuera del margen.

Conclusiones	Costo	Fiabilidad	Didáctico	Durabilidad	Fácil montaje	Prioridad
Alternativa 1	0,33*0,1	0,27*0,35	0,17*0,30	0,17*0,25	0,221	3
Alternativa 2	0,33*0,4	0,27*0,10	0,17*0,10	0,17*0,10	0,193	4
Alternativa 3	0,33*0,25	0,27*0,35	0,17*0,30	0,17*0,40	0,296	1
Alternativa 4	0,33*0,25	0,27*0,20	0,17*0,30	0,17*0,25	0,23	2

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

La Alternativa 3 correspondiente al micróordenador Raspberry pi, resultó ser la más adecuada para el proceso de adquisición de datos de la máquina Péndulo de Charpy II, con un 5% de diferencia entre la Alternativa 2 que terminó como segunda opción, esta corresponde a la tarjeta de adquisición de datos, cabe indicar que características que vuelven superiores las demás alternativas se vieron relegados en los criterio de selección, ya que el controlador se instalará en un ambiente controlado, y también se buscó entre sus características una fácil y económica sustitución de los elementos que lo componen.

3.1.5.6. Análisis del proceso

El controlador no solo debe permitir al usuario la adquisición de datos, sino también deberá permitir controlar la elevación del martillo y a su vez debe permitir la verificación de las condiciones de seguridad impuestas, es por eso que el proceso de adquisidor de datos se realiza en tres etapas:

-Elevación y descenso del martillo: Para el control de la activación del motor reductor es necesario verificar la posición inicial del martillo, para lo cual se debe verificar el estado de los sensores magnéticos que definen la posición actual del martillo y el estado de los sensores involucrados en las medidas de seguridad.

- Verificación de seguridad

Las verificaciones de seguridad, son aquellas condiciones que se pide al usuario de la máquina de ensayos Péndulo de Charpy II, cumpla para salvaguardar la integridad de los presentes antes de realizar la ruptura de la probeta, ya que al ser este un ensayo dinámico destructivo existe un alto riesgo durante el proceso, por lo cual las condiciones que se tomaran en cuenta son:

Durante la elevación del martillo

- Que la posición del martillo sea abajo. Estado del sensor S1=1 y S2=0.
- Que la puerta principal esté cerrada. Estado del sensor S3=1.
- Palanca del embrague presionada. Estado del sensor S5=1.
- Pulsador NA presionado. Estado del sensor S7=1.

Durante el descenso del martillo.

- Que la posición del martillo sea arriba. Estado del sensor S2=1 y S1=0.
- Que la puerta principal esté cerrada. Estado del sensor S3=1.
- Que la compuerta de probetas esté cerrada. Estado del sensor S4=1.
- Palanca del embrague no esté presionada. Estado del sensor S5=0.
- Pulsador NA no esté presionado. Estado del sensor S7=0.

-Adquisición de datos

Tabla 16-3. Tabla de verdad de estados de los sensores.

S1	S2	S3	S4	S5	Estado del motor reductor	Encoder diferencial	Proceso
1	1	1	1	0	Activado	Desactivado	Elevación del martillo
0	1	1	1	1	Desactivado	Activado	Ruptura de la probeta

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Se considerará al Encoder como un sensor de salida en el proceso de elevación del martillo, ya que en la programación cambia su estado de *on* a *off* para la obtención de los datos, así se puede contar el número de pasos dado durante las pruebas correspondientes. El funcionamiento del sistema de adquisición de datos en base a la lógica de programación se puede expresar en el diagrama de flujo que se muestra en la figura 27-3, que se implementará a lenguaje orientado a objetos en Python.

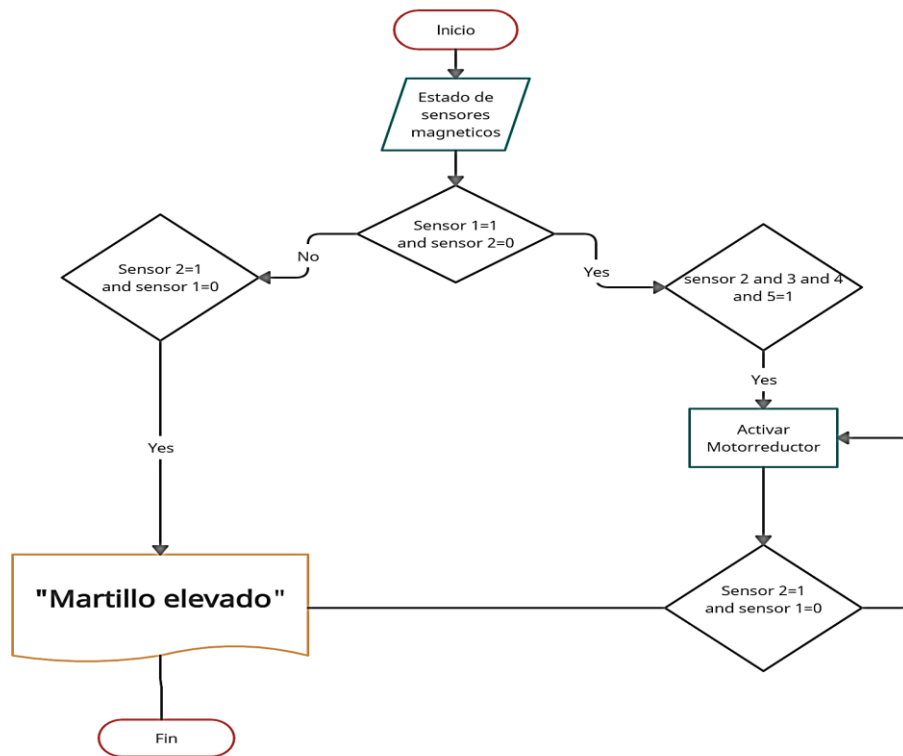


Figura 27-3. Diagrama de flujo de la elevación del martillo.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.5.7. Programación

La programación se la realizará en el lenguaje orientado a objetos de Python, mediante el software Thonny Python IDE que viene precargado en el sistema operativo de Raspbian, en este se

desarrollará la interfaz de usuario y se habilitara la utilización de los puertos GPIO en base de las librerías que se muestran a continuación:

```
from tkinter import * # Importa la librería para la interfaz Grafica  
from tkinter import messagebox # Importa la librería de cuadros de texto  
from tkinter import ttk # Importa la librería de botones  
import tkinter as tk # Importa la librería imágenes  
import RPi.GPIO as GPIO #Importa la librería para los puertos GPIO  
import time #Importa La librería Time Para el control por tiempos  
from PIL import ImageTk, Image Importa la librería para visualización de imágenes.  
import numpy as np Importa La librería control de imágenes  
from cv2 import * Importa librería para procesamiento de imágenes
```

3.1.5.8. Interfaz

Es el conjunto de pantallas que permiten la visualización de datos, así como también la comunicación entre el usuario y el sistema de control, para ello se ha desarrollará un conjunto de pantallas en base a programación orientada a objetos que facilitan la utilización del software desarrollado.

Pantalla de validación

Se desarrollará la primera pantalla de la interfaz de usuario como un protocolo de seguridad de validación de usuarios autorizados, esto para controlar las personas que puedan usar la máquina de ensayo Péndulo de Charpy II, pese a lo intuitivo del software desarrollado es necesario cierta capacitación del procedimiento correcto para salvaguardar integridad de los estudiantes, es por ello que se desarrolló la siguiente pantalla:



Figura 28-3. Pantalla de validación.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Pantalla principal

Esta pantalla se desarrollará en base los requerimientos de seguridad y a los requerimientos de la norma ASTM E23 e INEN 130, por lo cual se considerará la visualización de los estados de los sensores de seguridad ,también se visualizara la temperatura ambiente que será obtenida mediante una conexión a internet, y finalmente se visualizara el valor de la energía absorbida, esta estará expresada en J, para la obtención de este valor se realizan los cálculos internos mediante la transformación del número de pasos que cuenta el enconder diferencial y en base a la ecuación de ajuste determinado en el trabajo de titulación anterior para el desarrollo de la caratula y que se transforma en un valor numérico expresado en magnitud de energía. Además, teniendo en cuenta que el fin del uso de la máquina de ensayo Péndulo de Charpy II es principalmente didáctica se adicionará de pantallas adicionales con fines informativos.

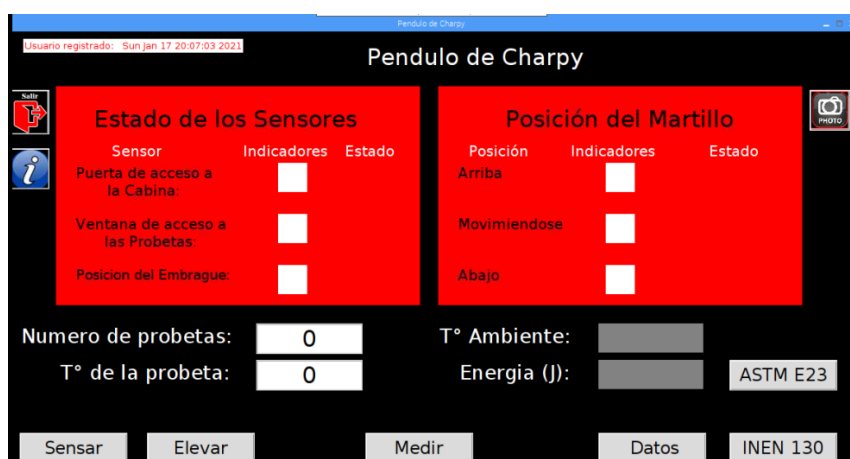


Figura 29-3. Pantalla principal.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Pantallas secundarias de información.

La primera pantalla de información se desarrollará para visualizar el procedimiento básico que se debe seguir para la utilización de la máquina de ensayos péndulo de Charpy II, es decir consta de las instrucciones a seguir por cualquier usuario.

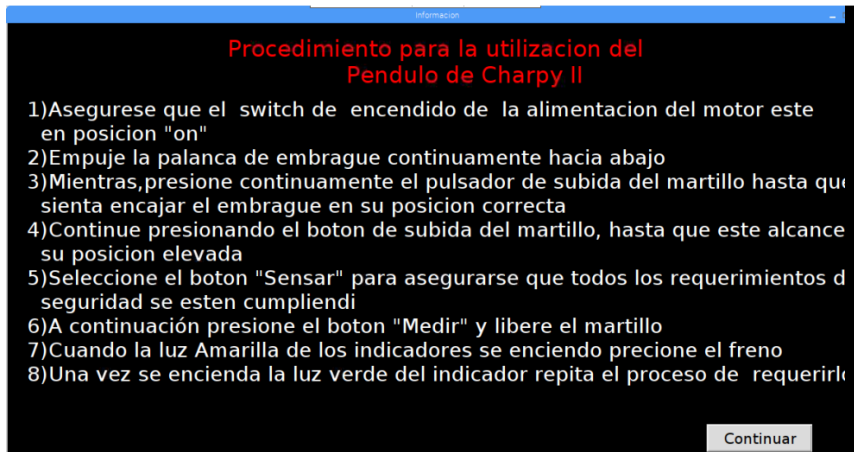


Figura 30-3. Pantalla de información de procedimiento.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Pantalla secundaria de base datos.

La segunda pantalla secundaria se desarrollará como una base de datos, la cual contiene la información de los materiales ensayados al finalizar la calibración del presente trabajo de titulación, igualmente muestra las características principales del material seleccionado, en esta pantalla también se puede visualizar los datos pertinentes a un máximo de 10 probetas ensayadas una vez abierta el programa.

Base de Datos

Material: Acero Asignación: ASTM A36

	Ángulo β	Ángulo α	Energía (J)
Probeta 1	67.96	111	77.07
Probeta 2	68.18	111	76.67
Probeta 3	67.36	111	78.17
Probeta 4	68.18	111	76.67
Probeta 5	68.98	111	75.35
Promedio	68.11	111	76.79

Salir Cargar Regresar

ASTM A36_

- Es la aleación de mas usada mundialmente
- Tipo de aleación: C=0.26 Si=0.40 Mn=0.8 p=0.04 S=0.05
- Esfuerzo a fluencia mínimo 5,5 Kg/mm
- Acero suave utilizado comunmente en la construcción, la manufactura y otras industrias
- Tiene una buena resistencia y fuerza para acero bajo en carbono

Figura 31-3. Pantalla de base de datos.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Pantallas secundarias de las normas.

Estas pantallas se desarrollarán con fines informativos en las cuales constara los datos más pertinentes especificados en las normas ASTM E23 e INE 130, como: los fundamentos, el instrumental necesario, las medidas de las probetas, las ecuaciones para el cálculo de la energía absorbida y la resiliencia, y algunos anexos importantes.

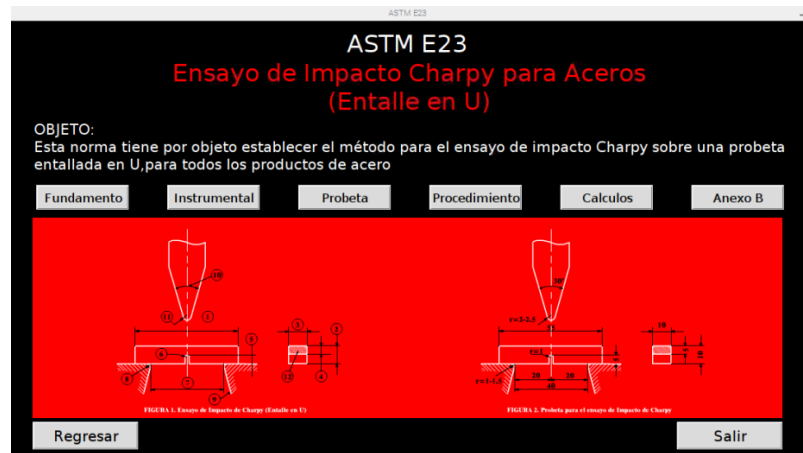


Figura 32-3. Pantalla secundaria características de las Normas.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.5.9. Salida de datos.

Para la salida de datos se seleccionará los periféricos más compatibles con el microordenador Raspberry pi 3b+ que permitan una facilidad didáctica para la observación e interacción con el usuario se seleccionó:

Monitor: Se usará un monitor de 22” que supera por mucho el tamaño de las pantallas especializadas para Raspberry, aunque se pierde la capacidad de un control *touch* se compensa con una mayor área de visualización para los usuarios.

Teclado y mouse: Se usará estos periféricos de salida para la interacción entre el controlador y el usuario por ser considerados los de más común uso en la actualidad, además que en la selección de estos dispositivos se buscó que una de sus características principales sea inalámbrica, lo que permitirá más libertad en el control del software de adquisición de datos.

Luces indicadoras: Se usará luces indicadoras para complementar el proceso de automatización a más que la programación considera la visualización del estado de los sensores, se los coloco como medida de seguridad visual que permita a los usuarios elevar el estado de alerta según el cambio de colores según muestra la siguiente Tabla 17-3:

Tabla 17-3. Resumen de las luces indicadoras.

Luz indicadora	Significado	Estado del martillo
Roja	Peligro	El martillo se encuentra en movimiento
Tomate	Precaución	El martillo se inmóvil en la parte superior
Verde	Acceso libre	El martillo se encuentra inmóvil en la parte inferior

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Tanto la pantalla como el teclado y el mouse se colocarán en la parte derecha de la carcasa protectora, las luces indicadoras, el pulsador NA y el interruptor principal se colocaron en la parte central de la carcasa protector como se puede apreciar en la Figura 33-3.



Figura 33-3. Carcasa protectora con los nuevos periféricos de entrada y salida.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.5.10. Asignación de Puertos GPIO.

Se habilitará los GPIO por medio de la librería correspondiente y se definirá en el programa que se usará el sistema BCM, que corresponde a la asignación de los pines según la asignación del fabricante que corresponde a la Figura 34-3 que se muestra a continuación:

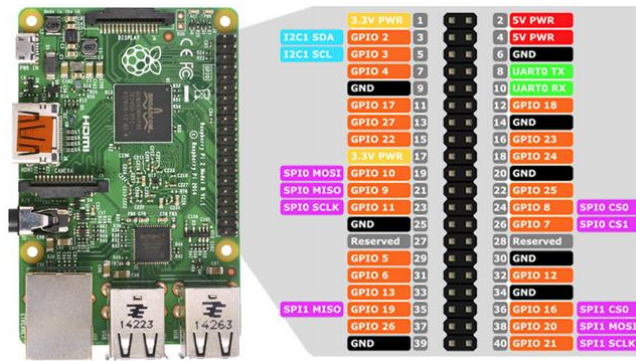


Figura 34-3. Puertos GPIO asignación BCM.

Fuente: (Ergosun,2019)

La Raspberry tiene un total de 40 pines GPIO los cuales se pueden asignar como salidas o entradas de señales digitales, a más de tener ciertos puertos asignados para tareas específicas de comunicación serial o a sus ves para señales resistivas, además viene dotado de salidas de alimentación de voltaje de 5 y 3.3 V y también puertos de GND para facilitar la conexión de accesorios como sensores, pulsadores, relevadores, etc. Es de esta manera que para el presente proyecto se utilizará el conjunto de puertos especificados en la Tabla 18-3 q se muestra a continuación:

Tabla 18-3. Tabla de asignación de puertos.

Puerto GPIO	Asignación	Tipo
2	Encoder A+	Entrada
3	Encoder A-	Entrada
4	Encoder B+	Entrada
17	Encoder B-	Entrada
27	Encoder Z+	Entrada
22	Encoder Z-	Entrada
10	Sensor Puerta	Entrada
9	Sensor Compuerta	Entrada
19	Sensor Embrague	Entrada
26	Sensor Martillo Abajo	Entrada
18	Sensor Martillo Arriba	Entrada
16	Luz Verde	Salida
20	Luz Naranja	Salida
21	Luz Roja	Salida
23	Relé del contactor	Salida
24	Pulsador	Entrada

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.5.1.11. Etapa de adquisición de señales

Para la adquisición de datos se debe tomar en cuenta que los puertos GPIO de la Raspberry Pi 3 B+, solamente admiten una tensión máxima de 3.3 V, para lo cual todos los sensores y el Encoder debe ser alimentados con esta tensión, siendo así se construirá una placa electrónica la cual usará los pines 1 y 17 de alimentación de 3.3 v para que junto a un conjunto de resistencias de 4.7 Ohm controlen la tensión máxima que entre a los pines de la Raspberry pi 3B + y así se evita daños en la placa principal.

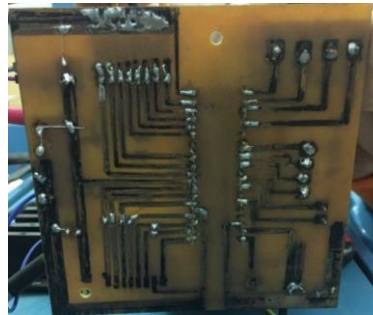


Figura 35-3. Placa electrónica para adquisición de señales.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Las diferentes conexiones entre los pines GPIO con los diferentes sensores se realizarán como muestra la figura 36-3, siendo este el diagrama de adquisición de señales, en donde se resume la selección y asignación de puertos de la Raspberry para el presente proyecto de titulación, además el cálculo de las resistencias se tomó en cuenta con un factor de seguridad tal que soporte un voltaje máximo de 5v sin sufrir algún daño.

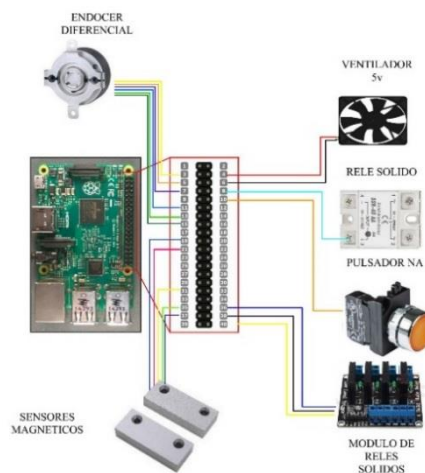


Figura 36-3. Diagrama de adquisición de señales.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.5.12. Etapa de Potencia.

Esta etapa es la encargada de amplificar las señales de salida de los pines de la Raspberry, una vez que el controlador ha analizado la información de la etapa de adquisición de señales, se programará el control del motor reductor por medio de un Relé sólido, que a su vez controla el contactor trifásico con relé térmico de protección como se observa en la Figura 37-3, así la señal de 3,3 v se amplifica a 120v y posteriormente a 240v. Las luces indicadoras del tablero también tiene un funcionamiento con 120v por lo cual las señales de control de la Raspberry serán amplificadas de la misma manera por medio de un módulo de relés sólidos.

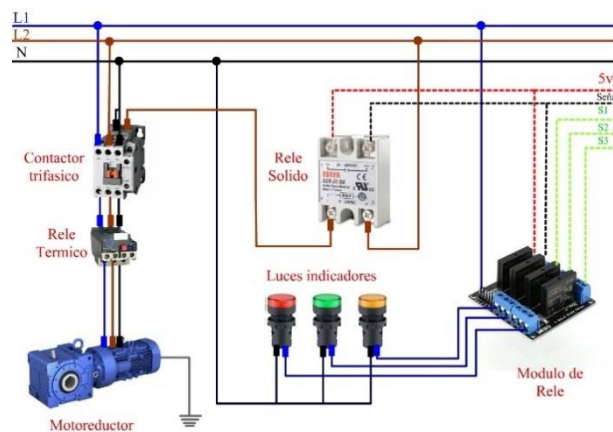


Figura 37-3. Diagrama de potencia.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.6. Calibración

La calibración del Péndulo Charpy II se realizará en base a las normas INEN 1502, INEN 1503 y ASTM E23, que son normas utilizadas para la verificación de máquinas de prueba, y la descripción de los métodos de ensayo para medir la energía absorbida en el impacto del espécimen roto respectivamente.

3.1.6.1 Características de la máquina

Las características principales necesarias para la determinación del cero de la máquina según la norma ASTM E23 de los aspectos fundamentales del montaje e instalación son los que se muestra en la Tabla 19-3.

Tabla 19-3. Datos principales del péndulo.

Datos	Valor
w	33,2 kg
Θ	110°
R	0,731m
Energía potencial disponible	322 J
Energía neta del péndulo	32,7Kg*m

Fuente: (Rubio, 2012)

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Para la calibración del sistema de adquisición de datos se realizará pruebas de vacío con el fin de determinar el número de pasos que marcaba el Encoder cuando se obtiene un valor máximo de energía, correspondiendo a 111° como se muestra en la Tabla 20-3.

Tabla 20-3. Número de pasos del Encoder en vacío.

Energía	Ángulo	N° pasos
0	110,54	308,00
10	104,33	289,80
20	98,30	273,04
30	92,44	256,78
40	86,76	241,01
50	81,26	225,73
60	75,94	210,94
70	70,79	196,65
80	65,83	182,85
90	61,04	169,55
100	56,43	156,74
110	51,99	144,42
120	47,74	132,60
130	43,66	121,27
140	39,76	110,43
150	36,03	100,09
160	32,49	90,24
170	29,12	80,89
180	25,93	72,02
190	22,92	63,66
200	20,08	55,78
210	17,42	48,40
220	14,94	41,51
230	12,64	35,12
240	10,52	29,22
250	8,57	23,81
260	6,80	18,90
270	5,21	14,48

280	3,80	10,55
290	2,56	7,12
300	1,50	4,18
310	0,62	1,73
319	0,00	-0,01

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.6.2. Verificación del sistema

Para el sistema adquisición de datos analógico del Péndulo de Charpy II se utilizará una verificación directa, la que según (Cruz, 2010) para una verificación de un péndulo de impacto luego del proceso de mantenimiento al que fue sometido, se debe comprobar los componentes críticos de la máquina de prueba, luego se debe realizar una verificación indirecta la cual consiste en la verificación de por muestreo con valores certificadas. Y finalmente una verificación diaria, la cual consiste en la que el operador compruebe que las condiciones iniciales de la maquina se mantengan constante para q no afecte el resultado de las pruebas.

En el anterior trabajo de titulación se realizó un ajuste cuadrático, con el cual se procedió a diseñar la carátula de la máquina, para lo cual se utilizará un método comparativo para analizar los valores que se obtendrán en probetas del mismo material ensayado anteriormente, y estos serán contrapuestos a los datos proporcionados con los del fabricante.

$$\beta = 0,000888444E^2 - 0,629983663E + 110,5399051 \quad (3)$$

Para la relación entre el número de pasos y el ángulo de giro se obtiene una ecuación lineal que considera que el número de pasos en una revolución del Encoder rotacional es de 1000 quedando de la siguiente manera:

$$p = \frac{25}{9} \theta \quad (4)$$

Según (Rubi, 2012), los valores correspondientes a la energía según el ángulo de elevación mediante el ajuste cuadrático usado en la caratula correspondiente al número de pasos y el ángulo de giro que se muestran en la Tabla 21-3.

Tabla 21-3. Valores de energía en la carátula.

Energía	Ángulo	N° pasos
0	110,54	308
10	104,33	289,802
20	98,30	273,043
30	92,44	256,777

40	86,76	241,005
50	81,26	225,727
60	75,94	210,942
70	70,79	196,651
80	65,83	182,853
90	61,04	169,549
100	56,43	156,738
110	51,99	144,421
120	47,74	132,598
130	43,66	121,268
140	39,76	110,432
150	36,03	100,089
160	32,49	90,2407
170	29,12	80,8853
180	25,93	72,0234
190	22,92	63,6551
200	20,08	55,7803
210	17,42	48,3992
220	14,94	41,5116
230	12,64	35,1176
240	10,52	29,2172
250	8,57	23,8103
260	6,80	18,8971
270	5,21	14,4774
280	3,80	10,5513
290	2,56	7,11884
300	1,50	4,17990
310	0,62	1,73454
319	0,00	-0,00907

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.7. Probetas

Para la comprobar que los valores del sistema de adquisición de datos implementados sean concordantes con los valores de la caratula, se elaborará probetas en los materiales utilizados para su diseño, es decir se elaboraran en tres materiales ya ensayados por máquina de ensayos Péndulo de Charpy II, con la condición que la forma de suministro del material sea el mismo como especifica la Tabla 22-3, para luego según la norma mecanizar las probetas respectivas.

Tabla 22-3. Suministro de materiales de prueba.

Materiales ensayados	Forma de Suministro	Resistencia teórica al impacto
Acero 1040	Platina 70x10 mm	10J
Atm A36	Barra cuadrada 11 x11	786J
A 304	Platina 110x10	100J

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.7.1. Análisis metalográfico

El análisis metalográfico se lo realizará para verificar que el material suministrado para las probetas sea el correcto, para esto se procederá según estipula la norma ASTM E3 obteniendo mediante esta guía, la visualización de la microestructura y así por medio de la comparación con la base de datos del metal *Handbook* analizar que el material adquirido en verdad corresponda al solicitado. Se usará el software Scope para determinar el porcentaje del carbono y determinar las valides de las muestras.

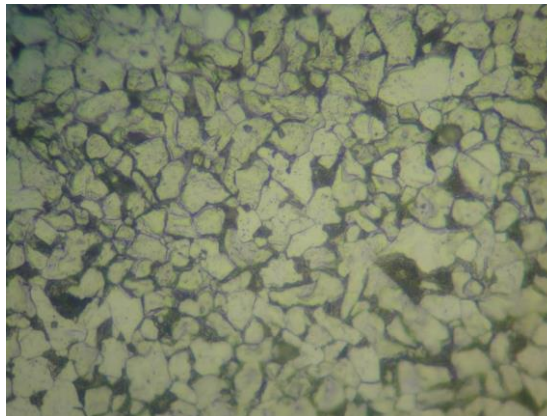


Figura 38-3. Microestructura del acero 1040 a 100x.

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

3.1.7.2. Elaboración de probetas.

Se verificará que se cumplan las condiciones dadas por la Norma INEN 130, la probeta debe ser maquinada por todos sus lados y el entalle podrá ser hecho por cualquier proceso de maquinado que permita un acabado liso, también se debe cuidar eliminar cualquier surco o ranura que pueda afectar en el fondo del entalle y debe tener las dimensiones y tolerancias de la Tabla 23-3.

Tabla 23-3. Dimensiones de la probeta.

DESIGNACION	Símbolo	Número(a)	Dimensión nominal	Tolerancias de maquinado
Longitud	-	1	55 mm	± 0,60 mm(ISO j 15)
Espesor	a	2	10 mm	± 0,11 mm(ISO j 13)
Ancho	b	3	10 mm	± 0,11 mm(ISO j 13)
Profundidad del entalle*	-	5	5 mm	± 0,09 mm(ISO j 13)
Radio de la curvatura del fondo del entalle.	-	6	1 mm	± 0,07 mm (ISO j 13)
Distancia del centro del entalle a los extremos de la probeta	-	-	27,5 mm	± 0,42 mm(ISO j 15)
Angulo entre el plano de simetría del entalle y el eje longitud de la probeta.	-	-	90° ^a	± 2° ^a

*En caso de existir una profundidad diferente, se deberá usar un índice que identifique la profundidad utilizada (ver Anexo A.1.2).
(a) Estos números corresponden a los elementos numerados en la figura 1 del Anexo B.

Fuente: (INEN 130,2010)

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Las probetas a ensayar se diseñarán según las especificaciones de la norma ASTM E23, correspondientes al tipo de probeta A, que a su vez son las mismas que especifica la norma INEN 130 para los ensayos de impacto Charpy de metales como muestra la figura 39-3.

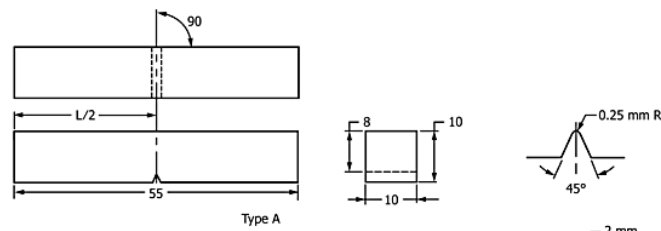


Figura 39-3. Dimensiones de la probeta.

Fuente: (ASTM, 2016)

CAPÍTULO III

4. RESULTADOS

4.1 Resultados y Comparación

En base a la línea de calibración y el factor de calibración estipulados en la Norma Ecuatoriana Obligatoria INEN 1502 bajo la cual fue realizada la carátula se procedió a la verificación y comparación de resultados con el nuevo sistema de adquisición de datos implementado. Obteniendo los siguientes resultados como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 1-4. Datos obtenidos en las probetas de acero 1040.

Acero 1040			
Energía Carátula (J) anterior	Energía Carátula (J) actual	Energía Sistema de adquisición de datos	Angulo β
9,8	10	9,98	104,73
10	10	10,06	105,04
10	15	10,34	105,83
10,75	10	10,07	104,03
10,3	10	10,25	105,63
10,17	11	10,14	105,052
Promedio			

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Tabla 2-4. Datos obtenidos en las probetas de acero ASTM A36.

ASTM A36			
Energía Carátula (J) anterior.	Energía Carátula (J) actual.	Energía Sistema de adquisición de datos	Angulo β
77	75	76,47	66,76
76,8	75	76,28	66,87
78,3	75	76,47	67,2
76,8	80	76,15	66,95
75,4	75	76,28	66,85
76,86	76	76,33	66,926
Promedio			

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Tabla 3-4. Datos obtenidos en las probetas de acero ASTM A304.

ASTM A 304			
Energía Carátula anterior (J)	Energía Carátula actual (J)	Energía Sistema de adquisición de datos	Angulo β
96,5	100	100	104,73
103,5	100	98,25	105,04
96,3	105	102,56	105,83
100	105	103,74	104,03
98,7	105	100	105,63
99	103	100,91	105,052
Promedio			

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

A continuación, en la Tabla 4-4 se muestra el resumen de los datos obtenidos con el cálculo y la comparación del error porcentual que con el que finaliza el mantenimiento e implementación del sistema de adquisición de datos del Péndulo de Charpy II.

Tabla 4-4. Error porcentual.

Material	Energía absorbida		Referencia	% error Carátula	Error sistema de adquisición de datos
	Promedio Digital	Promedio Análogo			
Acero 1040	10,14	10,2	10	0,2	0,14
ASTM A36	76,33	76,4	76	0,4	0,33
ASTM A 304	100,91	101,4	100	1,4	0,91
Promedio				0,66666667	0,46

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Después de analizar y comparar los resultados obtenidos con los datos referenciales del fabricante del acero se ha logrado calibrar el nuevo sistema de adquisición de datos con un error porcentual igual al 0,46 %, cabe indicar que, pese a que el mantenimiento se logró mejorar la adquisición de datos analógicos, estos son muy imprecisos debido a la escala.

4.2 Plan de mantenimiento preventivo del Péndulo Charpy II

Es muy importante llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo, en donde se revisen los elementos que suelen averiarse con más frecuencia a causa del impacto, con el tiempo y el uso, este fenómeno de impacto genera daños en elementos de máquina que generan errores en las pruebas y ensayos.

Este plan de mantenimiento semestral debe realizarse con la finalidad de prevenir reparaciones más graves a futuro y para la corrección a tiempo de partes obsoletas, para no dañar probetas y tener datos erróneos como resultados de los ensayos de impacto.

Tabla 5-4. Plan de mantenimiento semestral del Péndulo Charpy.

ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMESTRAL DEL PÉNDULO CHARPY			
Sistema	Equipo	Actividad	Responsable
Aspectos fundamentales del Péndulo Charpy	Yunque	Revisar los daños y desgastes que presentes el yunque, los mismos que se presentan debido al impacto durante los ensayos.	Operador
	Percutor	Revisar los daños y desgastes que presentes el yunque, los mismos que se presentan debido al impacto durante los ensayos. Es importante que el percutor se encuentre alineado con el eje de simetría del yunque.	Operador
	Chumaceras	Acorde al tiempo de funcionamiento, verificar que no estén obsoletos y su vida útil no haya caducado.	Operador
	Pernos	Revisar que los pernos no estén con juego, y si es el caso cambiarlos, o que ajusten bien las chumaceras, en caso contrario apretar los pernos.	Operador
Sistema de elevación	Hembra del embrague	Verificar el ajuste de la hembra del cono.	Operador
	Macho del embrague	Revisar el desgaste de los pines de enganche, en el caso de ser necesario cambiarlos.	Operador
	Cadena de transmisión	Verificar si la cadena está en buen estado, si es necesario cambiarla, sino solamente engrasar.	Operador
Sistema de freno	Cable de freno	Revisar que no esté desgastado, o roto. En caso de estarlo se debe cambiar por otro de las mismas características.	Operador

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

4.3 Gestión del proyecto

4.3.1 Cronograma

A continuación, se detalla las actividades y tiempos de realización del trabajo de titulación “Mantenimiento e implementación de un sistema de adquisición de datos a la máquina de ensayos mecánicos Péndulo Charpy II del laboratorio de resistencia de materiales de la Facultad de Mecánica”:

Tabla 6-4. Cronograma de actividades.

Actividades	Tiempo estimado (En semanas)
Inspección visual de los componentes mecánicos	0.5 semanas
Pruebas de funcionamiento de sistema de adquisición de datos	0.5 semanas
Investigación bibliográfica	2 semanas
Desmontado total del péndulo	2 semanas
Sustitución o ratificado de componentes mecánicos	3semanas
Montaje de la parte mecánica del equipo	2 semanas
Desarrollo de la programación del sistema de adquisición de datos	2 semanas
Implementación de nuevo sistema de adquisición de datos	2 semanas
Obtención de material para las probetas	1.5 semana
Mecanizado de las probetas	2 semanas
Pruebas y ajustes de calibración	1 semana
Ensayo con diferentes materiales	1 semana
Análisis de resultados	1 semana

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

4.3.2 Recursos y materiales

Para el desarrollo del presente proyecto de titulación fue necesario contar tanto con recursos humanos, materiales y económicos que se especifican en el desarrollo de este capítulo.

4.3.2.1. Talento humano

- Investigadores: Rodríguez Capelo Marcos David
Torres Gavilanes Rodman Estuardo
- Tutor: Ing. Isaías Caicedo Reyes
- Miembro del Proyecto: Ing. Diego Mayorga

4.3.2.2. Presupuesto

Para el mantenimiento e implementación del sistema de adquisición de datos de la máquina de ensayos mecánicos “Péndulo de Charpy II”, se contó con un presupuesto tanto para parte de

mantenimiento como también para la parte implementación del sistema de adquisición de datos, cabe indicar que en la parte del mantenimiento mecánico se requirió el recambio de ciertos elementos mecánicos por lo cual se los tomo en cuenta en la tabla de adquisición de materiales.

4.3.2.3. Materiales

Para la realización tanto del mantenimiento y de la implementación del sistema de adquisición de datos, se utilizó materiales en base a las justificaciones técnicas planteadas en este trabajo como también los trabajos anteriores realizados sobre el mismo equipo que se basan en la norma ASTM E23, cabe indicar que todos los materiales se encuentran disponibles en el mercado nacional, facilitando la adquisición de los mismo como también eliminando costos de importaciones, los materiales utilizados y sus costos se especifican en las siguientes tablas:

Tabla 7-4. Costo de materiales para el Sistema de adquisición de datos.

Materiales Para el Sistema de Adquisición de datos				
#	Cantidad	Detalles de los productos	Precio unitario	Precio total
1	1	Raspberry pi 3 b+	150,00	150,00
2	1	Fuente de poder 650w	45,00	45,00
3	2	Tarjeta de memoria micro sd 64 gb	30,00	60,00
4	1	Encoder Absoluto digital 24 bit	336,00	336,00
5	8	Sensor contacto magnéticos	8,00	64,00
6	1	Monitor 19.5 plg HDMI/VGA ultraslim	150,00	150,00
7	1	Teclado inalámbrico Genius	25,00	25,00
8	1	Mouse inalámbrico Genius	20,00	20,00
9	1	Cable HDMI Blindado 20 m	18,00	18,00
10	1	Cable micro USB V8	8,00	8,00
11	1	Módulo de 4 relé solidos	15,00	15,00
12	1	Relé solido 5 -240 v	8,00	8,00
13	8	Conectores macho/hembra 2 pines	1,50	12,00
14	1	Pulsador N/A 120-240v	5,50	5,50
15	8	Cable Utp 8 hilos	0,50	4,00
16	15	Cable flexible 2 hilos	0,35	5,25
17	8	Cable para puesta a tierra	1,35	10,80
18	10	cable #12	0,60	6,00
19	10	Cable #20	0,70	7,00
20	2	Botonera Sbpsta Fuerza On/Off trif 15	5,00	10,00
21	1	Amarras plásticas	4,50	4,50
22	1	Barra cuadrada de Acero 1020	20,00	20,00
23	1	Platina de Acero A36	35,00	35,00
24	1	Eje de Acero 4340	43,00	43,00
25	1	Mueble madera para el teclado-mouse	50,00	50,00
26	1	Protección de acrílico	35,00	35,00
27	1	Soporte para sistema de adquisición de datos	30,00	30,00
Subtotal				1177,05

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

Tabla 8-4. Costos de Materiales para el Mantenimiento.

Materiales Para el Mantenimiento				
#	Cantidad	Detalles de los productos	Precio unitario	Precio total
1	1	Pernos, tornillos y arandelas	58,50	58,50
2	3	Pintura	4,50	13,50
3	4	Lija #100	0,45	1,80
4	4	Lija #400	0,50	2,00
5	4	Lija #800	0,60	2,40
6	4	Lija #1000	0,75	3,00
7	4	Lija #1500	0,80	3,20
8	1	Broca titanio hss 1/8	1,10	1,10
9	1	Broca 7/32	1,40	1,40
10	5	Canaleta cerrada 13x7mm	0,80	4,00
11	5	Canaleta cerrada 20x12 mm	1,20	6,00
12	1	Zapata Cerámica	18,20	18,20
13	4	Cable de freno	3,50	14,00
14	1	Lubricante de Cadenas	18,50	18,50
15	3	Rodamientos UC208-108D1	30,50	91,50
16	2	Rodamientos	7,20	14,40
17	1	Antioxidante	8,20	8,20
18	1	Eje de Acero Percutor y Topes	56,60	56,60
19	1	Bondex	7,50	7,50
20	1	Placa de mármol 20x20 cm	15,00	15,00
21	1	Barra de cobre 1,8 m	17,50	17,50
Subtotal				358,30

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

4.3.2.4. Mano de Obra

En la presente tabla se incluye en las horas de torno y de la fresadora, las destinadas para la elaboración de las 15 probetas utilizadas para la calibración, así como también el tiempo que tardaran en la elaboración del percutor y de los apoyos que fueron sustituidos y tras la obtención del material debieron ser mecanizados según la norma correspondiente.

Tabla 9-4. Costos Mano de Obra.

Costos Mano de Obra			
Técnico	No. Horas	Costo unitario [USD]	Costo total [USD]
Técnico Constructor	4	7,50	30,00
Técnico Electrónico	3	8,00	24,00
Técnico Soldador	3	8,50	25,50
Técnico Tornero	50	12,00	600,00
Técnico Fresador	30	12,00	360,00
Total			1039,50

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

4.3.2.5. Costos Indirectos

En estos costos se incluye los costos del transporte de envío del material para la elaboración del percutor y de los apoyos que fueron enviados desde la ciudad de Guayaquil en forma de eje.

Tabla 10-4. Costos Indirectos.

Costos Indirectos		
Descripción	Costo unitario [USD]	Costo total [USD]
Transporte	60	60
Impresión y copias	30	30
Imprevistos	40	40
Gastos varios	30	30
Total		160

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

4.3.2.6. Costo total

La presente tabla muestra el total de los gastos que se realizaron para la elaboración del presente trabajo de titulación.

Tabla 11-4. Costo Total del Proyecto

Costo total del Proyecto	
Descripción	Costo unitario [USD]
Costos Materiales Adquisición de datos	1177,05
Costos Materiales Mantenimiento	358,30
Costos Mano de Obra	1039,50
Costos Indirectos	160,00
Total	2734,85

Realizado por: Rodríguez, M.; Torres, R., 2021

5. CONCLUSIONES

- Se examinó el estado del arte correspondiente al mantenimiento y adquisición de datos de la máquina de ensayos Péndulo Charpy II, basados en las normas pertinentes como también en los trabajos de titulación anteriormente realizados al equipo y se logró realizar un mantenimiento correctivo y preventivo a todos los elementos que constituyen la máquina Péndulo de Charpy II y posteriormente una implementación del nuevo sistema de adquisición de datos.
- Se logró la implementación de un sistema de adquisición de datos para la máquina de ensayos Péndulo Charpy II, del laboratorio de resistencia de materiales de la Facultad de Mecánica (ESPOCH), basados en el microordenador Raspberry 3pi b+, que permitió el desarrollo de un sistema de visualización digital para la obtención de los datos con una mayor precisión y exactitud, además de una gran interacción didáctica con los usuarios.
- Se realizó ensayos basados en la norma INEN 130, a tres diferentes tipos de acero, y se obtuvo valores muy cercanos a los especificados por el fabricante del material, a su vez se comparó con los valores obtenidos inicialmente, y se comprobó la relevancia de la aplicación del plan de mantenimiento preventivo en la adquisición de datos.
- Se logró obtener un error porcentual del 0,44% para el sistema de adquisición de datos digital, basados en la norma INE 1502 y ASTM E23 para calibración de equipos, permitiendo que los valores obtenidos análogamente tengan una mayor exactitud y a su vez se elevó la confiabilidad debido al mantenimiento dado a los diferentes elementos que componen la máquina de ensayos de impacto.
- Se desarrolló un nuevo plan de mantenimiento actualizado para la máquina de impacto Péndulo Charpy II, que abarca el nuevo sistema de adquisición de datos y los diferentes elementos mecánicos, basados en una ideología preventiva con el fin de alargar la vida útil de los equipos, garantizar que la calibración dada sea duradera y que las mediciones realizadas tengan la veracidad.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un seguimiento a la aplicación de los planes de mantenimiento de los diferentes equipos de los laboratorios de la Facultad de Mecánica, para poder determinar y corregir el factor más relevante en el deterioro de los elementos mecánicos de los diferentes equipos.
- Se recomienda un rediseño de la caratula del sistema análogo del Péndulo Charpy II, en el cual se muestren valores intermedios a las mediciones actuales con el fin de mejorar la precisión, y poder contraponer a los valores digitales obtenidos.
- Se recomienda realizar la automatización del sistema de embrague y frenado de la máquina Péndulo Charpy II, que permita el control total del proceso al software implementado, para el nivel de seguridad actual que presenta la máquina de ensayos.
- Se recomienda la implementación de los equipos e instrumentos necesarios para poder variar la temperatura en las probetas de ensayo, para que permita complementar la caracterización del material en las prácticas de laboratorio con la obtención de la curva de Temperatura del Material VS Energía Absorbida.
- Se recomienda la implementación de un sensor de temperatura para la probeta en la máquina de ensayos mecánico Péndulo Charpy II, que permita complementar la adquisición de datos actuales, para lo cual se recomienda usar un sensor óptico digital que se acople fácilmente al software desarrollado actualmente.

GLOSARIO

Accesorio: Utensilio auxiliar para determinado trabajo o para el funcionamiento de una máquina. (Mott, 2006).

Acero: Aleación de hierro y carbono, en la que este entra en una proporción entre el 0,02 y el 2 %, y que, según su tratamiento, adquiere especial elasticidad, dureza o resistencia. (Callister, 1985).

Corrosión: Desgaste paulatino de los cuerpos metálicos por acción de agentes externos, persista o no su forma. (Hibbeler, 2011)

Deformación: Cambio que sufre un cuerpo o cosa tras haberle aplicado una serie de fuerzas externas, como tensión o compresión, que producen la variación de su tamaño o forma natural. (Hibbeler, 2011)

Ensayo: Operación por la cual se averigua el metal o metales que contiene la mena, y la proporción en que cada uno está con el peso de ella. (Askeland et al., 2012)

Esfuerzo: Empleo enérgico de la fuerza física contra algún impulso o resistencia. (Cruz, 2010)

Flexión: Se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. El término "alargado" se aplica cuando una dimensión es dominante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, a flexión. (Budynas et al., 2008)

Maquinar: En metalurgia, trabajar una pieza por medio de una máquina. (Budynas et al., 2008)

Normalización: consiste en la elaboración, difusión y aplicación de normas. Aplicadas a procesos de producción aplicados en todas las industrias. (ASTM, 2016)

Potencia: es la cantidad de trabajo utilizado para cualquier actividad en un intervalo de tiempo determinado. (Callister, 1985)

Software: Es un término informático que hace referencia a un programa o conjunto de programas de cómputo, así como datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas en un sistema informático. (Jiménez, 2004)

Tenacidad: propiedad física que poseen los materiales para absorber energía mecánica durante su deformación antes de que logre o no romperse o quebrarse. El material que resiste a esta energía se le denomina como tenaz, medida con la cual se calcula la energía que absorbe un material antes de romperse. (Askeland et al., 2012)

BIBLIOGRAFÍA

ASKELAND, Donald; et al. *Ciencia e ingeniería de materiales*. 6ª ed. México D.F- México: Cengage Learning, 2012, p. 901.

ASTM A36/A36M-08. *Especificación Normalizada para Acero al Carbono Estructural*. 2008.

ASTM A304-04. *Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Bars Subject to End-Quench Hardenability Requirements*. 2004.

ASTM E23. *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*. 2016

BILURBINA Alter; et al. *Corrosión y protección*. Catalunya- España: UPc, 2003, pp. 13-53.

BOTERO, Camilo. *Manual de Mantenimiento*. 1ª ed. Bogotá- Colombia: SENA, 2012.

BUDYNAS, Richard; et al. *Diseño en ingeniería mecánica*. 8ª ed. Mexico D.C- México: Mc Graw Hill, 2008.

CALLISTER, William. *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. 2ª ed. Barcelona- España: Reverté S.A, 1985.

CRUZ, Said. *Determinacion de la incertidumbre en pruebas de impacto Charpy*. Mexico DF- México: ESIQIE, 2010.

EBEL, F; et al. *Fundamentos de la técnica de automatización*. 1ª ed. Denkendorf -EE.UU: © Festo Didactic GmbH & Co. KG, 2007.

GARCIA, Santiago. *Organización y gestión integral de mantenimiento*. 2ª ed. Mexico D.F- Mexico: Diaz de Santos, 2010.

GARCÍA, Emilio. *Automatización de procesos industriales*. 1ª ed. Valencia- España: Univeritad Politecnica de Valencia, 1999.

GARCIA, Oliverio. *El Mantenimiento General*. 1ª ed. Medellin- Colombia, 2006.

GAVARRÓ, Albert. *Introducción a la programacion orientada a objetos*. Catalunya- España: UOC, 2012.

HIBBELER, C. *Mecánica de materiales*. 8ª ed. Mexico DC- Mexico: Pearson Educación, 2011. p. 880.

INEN 130. *Ensayo de impacto Charpy para aceros*. Guayaquil- Ecuador. 1973.

INTERNATIONAL SRL. *Viscosidad de reductores*. [Blog]. 2009. [Consulta: 22 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.widman.biz>.

JIMÉNEZ, Emilio. *Técnicas de automatizacion avanzadas en procesos industriales*. 1ª ed. Logroño- España: Universidad de la Rioja, 2004.

KNEZEVIC, Jezdimir. *Mantenimiento*. 1ª ed. Madrid- España: Isdefe, 1996.

FERRER, Bernardo. *Mantenimiento preventivo en reductor de velocidad de grúas indias de extracción mineral.* 1ª ed. Madrid- España: Ciencia y Futuro, 2015, p. 22.

CÓRDOBA, Ernesto. *Manufactura y automatización.* 3ª ed. Ingeniería e investigación, 2006, p. 128.

MOTT, Robert. *Diseño de elementos de máquinas.* 3ª ed. Mexico DC- Mexico: Pearson Educación, 2006, p.80.

OBEYESEKERE, Nihal. *Pitting Corrosion.* 2001.

OMEGA. *Rele de estado sólido.* [Blog]. 2006. [Consulta: 22 noviembre 2020]. Disponible en: http://es.omega.com/temperature/pdf/SSRL240_660.pdf.

PADILLA, Jesse. *Python: programación orientada a objetos.* [Blog]. 2010. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: <https://martefabian.files.wordpress.com/2009/04/2poopython-090413222419-phpapp02.pdf>.

RIVERA HERNANDEZ, Joffre Alexander. Optimización y Calibración del Péndulo Charpy del Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Facultad de Mecánica. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2007

RODRIGUEZ, Roberto; et al. *Programación orientada a Objetos.* 2014.

ROYSE. *Rodamientos y servicios.* [Blog]. 2010. [Consulta: 23 noviembre 2020]. Disponible en: <https://rodamientos.net/fases-del-mantenimiento-y-servicio-de-un-rodamiento/>.

RUBIO RODRÍGUEZ, Iván Patricio & YUQUILEMA PACA, Byron Lizandro. Diseño, construcción e implementación de un sistema de elevación y frenado del péndulo Charpy. (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2012.

RUIZ, Cesar. 2010. *Trasmision por Cadenas.* [Blog]. 2010. [Consulta: 11 octubre 2020]. Disponible en: <http://files.cesarruiz.webnode.com.co/200000094-cec46d0fac/TrasmisionPorCadenas.pdf>.

SÁNCHEZ, Francisco; et al. *Mantenimiento Mecánico de Máquinas.* 3ª ed. Valencia- España: UNIVERSITAT JAUME, 2006.

SKF. *Produtos de mantenimiento y lubricacion SKF.* [Blog]. 2011. [Consulta: 12 noviembre 2020]. Disponible en: https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut214/Mantenimiento_SKF.pdf.

VENEGAS, Javier. *Encoders.* [Blog]. 2010. [Consulta: 04 noviembre 2020]. Disponible en: <http://ramos.elo.utfsm.cl/~elo212/docs/Encoders-jvr-v01.pdf>.

VIRACOCCHA MOLINA, Cristina & LASLUISA LANDA , Edison. Diseño y construcción de una máquina de ensayo de impacto Charpy, para el laboratorio de electromecánica . (Trabajo de titulación) (Pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. 2014.

WEST INSTRUMENTS, S.A. *Encoders.* [Blog]. 2010. [Consulta: 09 de octubre 2020]. Disponible en: <https://acomee.com.mx/clasificaciones/ENCODERS.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: NORMA ASTM E23



Designation: E23 – 12c

An American National Standard

Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials¹

This standard is issued under the fixed designation E23; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This standard has been approved for use by agencies of the U.S. Department of Defense.

1. Scope

1.1 These test methods describe notched-bar impact testing of metallic materials by the Charpy (simple-beam) test and the Izod (cantilever-beam) test. They give the requirements for: test specimens, test procedures, test reports, test machines (see [Annex A1](#)) verifying Charpy impact machines (see [Annex A2](#)), optional test specimen configurations (see [Annex A3](#)), designation of test specimen orientation (see Terminology [E1823](#)), and determining the percent of shear fracture on the surface of broken impact specimens (see [Annex A4](#)). In addition, information is provided on the significance of notched-bar impact testing (see [Appendix X1](#)), and methods of measuring the center of strike (see [Appendix X2](#)).

1.2 These test methods do not address the problems associated with impact testing at temperatures below $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (77 K).

1.3 The values stated in SI units are to be regarded as standard. No other units of measurement are included in this standard.

1.3.1 *Exception*—Section 8 and [Annex A4](#) provide inch-pound units for information only.

1.4 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific precautionary statements are given in Section 5.

2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards:*²

[B925 Practices for Production and Preparation of Powder Metallurgy \(PM\) Test Specimens](#)

[E177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods](#)

[E604 Test Method for Dynamic Tear Testing of Metallic Materials](#)

[E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method](#)

[E1823 Terminology Relating to Fatigue and Fracture Testing](#)

[E2298 Test Method for Instrumented Impact Testing of Metallic Materials](#)

3. Summary of Test Method

3.1 The essential features of an impact test are: a suitable specimen (specimens of several different types are recognized), a set of anvils, and specimen supports on which the test specimen is placed to receive the blow of the moving mass, a moving mass that has sufficient energy to break the specimen placed in its path, and a device for measuring the energy absorbed by the broken specimen.

4. Significance and Use

4.1 These test methods of impact testing relate specifically to the behavior of metal when subjected to a single application of a force resulting in multi-axial stresses associated with a notch, coupled with high rates of loading and in some cases with high or low temperatures. For some materials and temperatures the results of impact tests on notched specimens, when correlated with service experience, have been found to predict the likelihood of brittle fracture accurately. Further information on significance appears in [Appendix X1](#).

5. Precautions in Operation of Machine

5.1 Safety precautions should be taken to protect personnel from the swinging pendulum, flying broken specimens, and hazards associated with specimen warming and cooling media.

6. Apparatus

6.1 *General Requirements:*

6.1.1 The testing machine shall be a pendulum type of rigid construction.

6.1.2 The testing machine shall be designed and built to conform with the requirements given in [Annex A1](#).

6.2 *Inspection and Verification*

¹ These test methods are under the jurisdiction of ASTM Committee E28 on Mechanical Testing and are the direct responsibility of Subcommittee E28.07 on Impact Testing.

Current edition approved Nov. 15, 2012. Published January 2013. Originally approved in 1933. Last previous edition approved 2012 as E23 – 12b. DOI: 10.1520/E0023-12C.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

6.2.1 Inspection procedures to verify impact machines directly are provided in A2.2 and A2.3. The items listed in A2.2 must be inspected annually.

6.2.2 The procedures to verify Charpy V-notch machines indirectly, using verification specimens, are given in A2.4. Charpy impact machines must be verified directly and indirectly annually.

7. Test Specimens

7.1 Configuration and Orientation:

7.1.1 Specimens shall be taken from the material as specified by the applicable specification.

7.1.2 The type of specimen chosen depends largely upon the characteristics of the material to be tested. A given specimen may not be equally satisfactory for soft nonferrous metals and hardened steels; therefore, many types of specimens are recognized. In general, sharper and deeper notches are required to distinguish differences in very ductile materials or when using low testing velocities.

7.1.3 The specimens shown in Figs. 1 and 2 are those most

widely used and most generally satisfactory. They are particularly suitable for ferrous metals, excepting cast iron.³

7.1.4 The specimens commonly found suitable for powder metallurgy materials are shown in Figs. 3 and 4. Powder metallurgy impact test specimens shall be produced following the procedure in Practice B925. The impact test results of these materials are affected by specimen orientation. Therefore, unless otherwise specified, the position of the specimen in the machine shall be such that the pendulum will strike a surface that is parallel to the compacting direction. For powder metallurgy materials the impact test results are reported as unnotched absorbed impact energy.

7.1.5 Sub-size and supplementary specimen recommendations are given in Annex A3.

7.2 Specimen Machining:

7.2.1 When heat-treated materials are being evaluated, the specimen shall be finish machined, including notching, after

³ Report of Subcommittee XV on Impact Testing of Committee A-3 on Cast Iron, Proceedings, ASTM, Vol 33 Part 1, 1933.

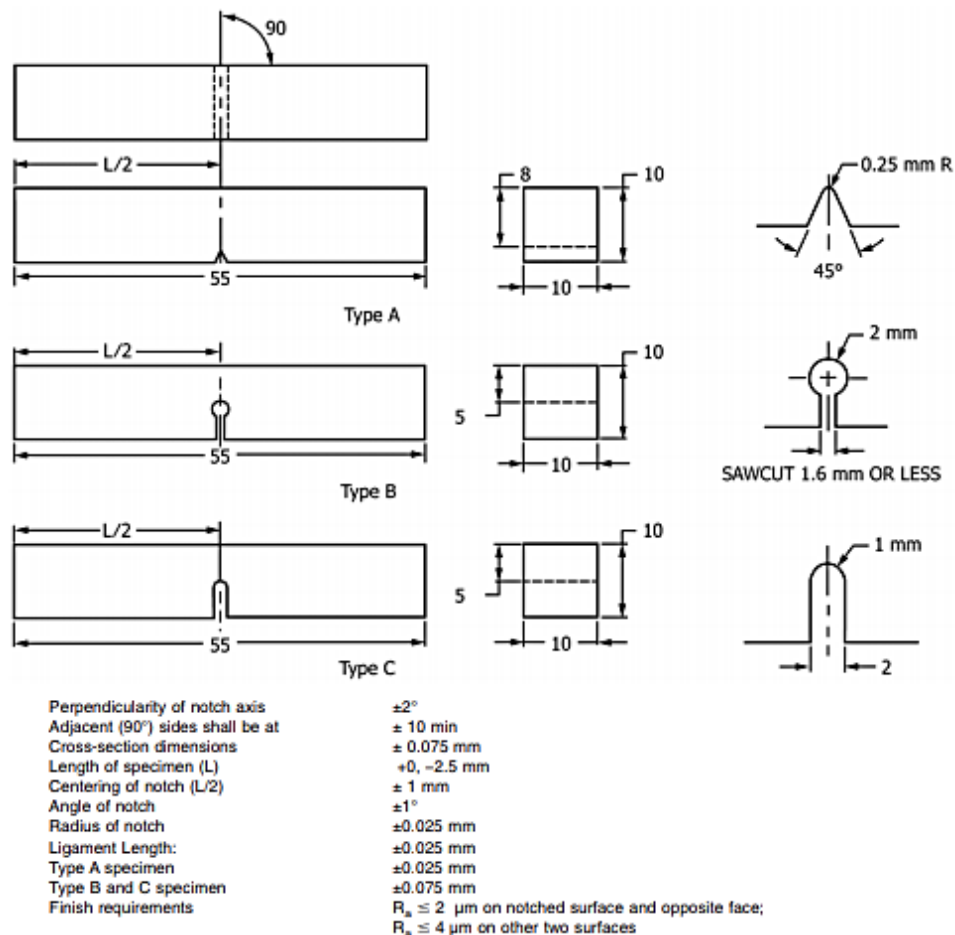
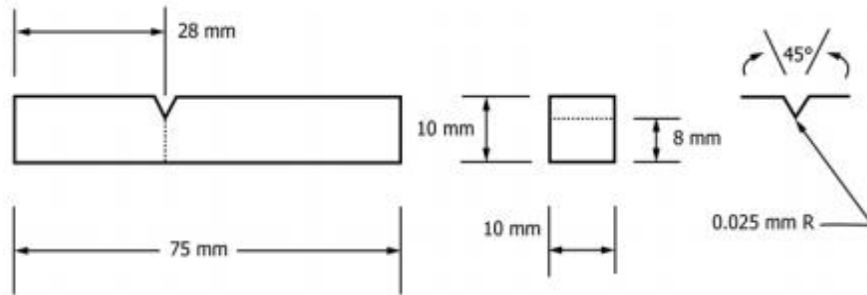


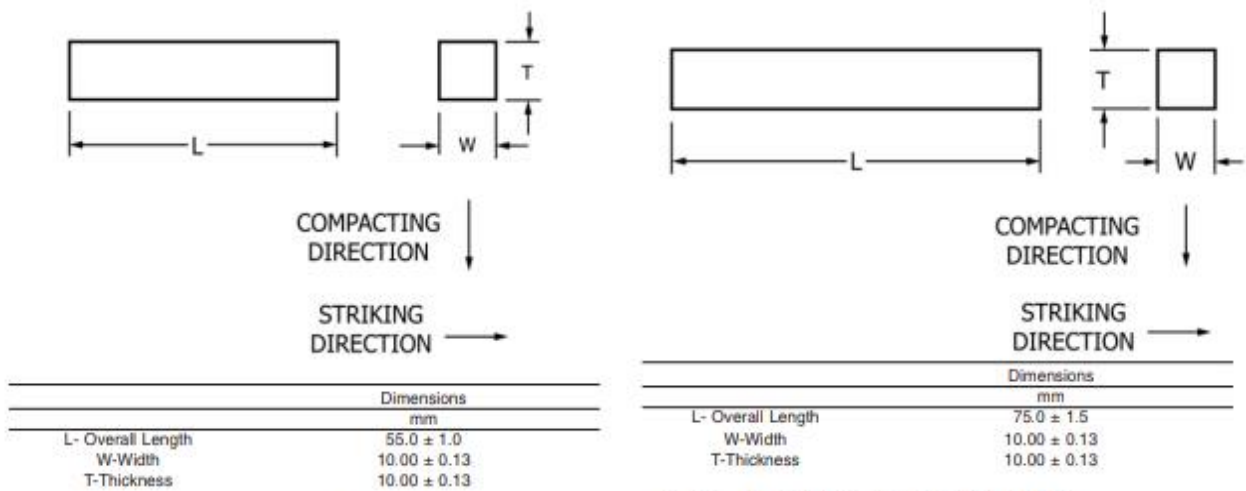
FIG. 1 Charpy (Simple-Beam) Impact Test Specimens, Types A, B, and C



NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

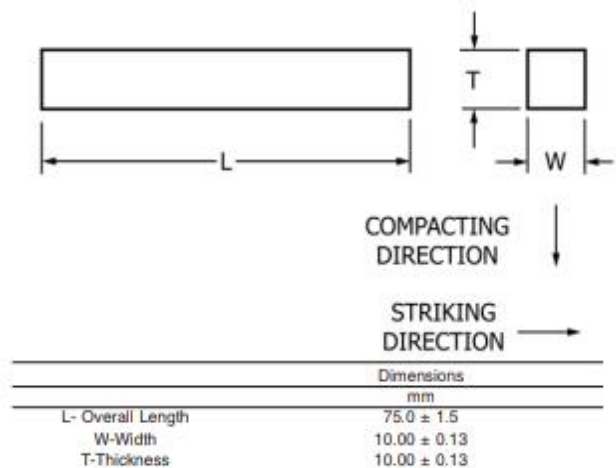
Perpendicularity of notch axis	±2°
Cross-section dimensions	±0.025 mm
Length of specimen	+0, -2.5 mm
Angle of notch	±1°
Radius of notch	±0.025 mm
Ligament Length	±0.025 mm
Adjacent (90°) sides shall be at	± 10 min
Finish requirements	$R_a \leq 2 \mu\text{m}$ on notched surface and opposite face; $R_a \leq 4 \mu\text{m}$ on other two surfaces

FIG. 2 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimen, Type D



NOTE 1—Adjacent sides shall be at 90° ± 10 min.

FIG. 3 Unnotched Charpy (Simple Beam) Impact Test Specimen for Metal Powder Structural Materials



NOTE 1—Adjacent sides shall be at 90° ± 10 min.

FIG. 4 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimen for P/M Structural Materials

the final heat treatment, unless it can be demonstrated that the impact properties of specimens machined before heat treatment are identical to those machined after heat treatment.

7.2.2 Notches shall be smoothly machined but polishing has proven generally unnecessary. However, since variations in notch dimensions will seriously affect the results of the tests, adhering to the tolerances given in Fig. 1 is necessary (Appendix XI.2 illustrates the effects from varying notch dimensions on Type A specimens). In keyhole specimens, the round hole shall be carefully drilled with a slow feed rate. The slot may be cut by any feasible method, but care must be exercised in cutting the slot to ensure that the surface of the drilled hole opposite the slot is not damaged.

7.2.3 Identification marks shall only be placed in the following locations on specimens: either of the 10-mm square ends; the side of the specimen that faces up when the specimen is positioned in the anvils (see Note 1); or the side of the specimen opposite the notch. No markings, on any side of the specimen, shall be within 10 mm of the center line of the notch. Permanent markers, laser engraving, scribes, electrostatic pencils, and other reasonable marking methods may be used for identification purposes. However, some marking methods can result in damage to the specimens if not used correctly. For example, excessive heat from electrostatic pencils or deformation to the specimen from stamping can change the mechanical properties of the specimen. Therefore, care must always be taken to avoid damage to the specimen. Stamping and other

marking processes that result in deformation of the specimen should only be used on the ends of the specimens, prior to notching.

NOTE 1—Careful consideration should be given before placing identification marks on the side of the specimen to be placed up when positioned in the anvils. If the test operator is not careful, the specimen may be placed in the machine with the identification marking resting on the specimen supports (that is, facing down). Under these circumstances, the absorbed energy value obtained may be unreliable.

8. Procedure

8.1 Preparation of the Apparatus:

8.1.1 Perform a routine procedure for checking impact machines at the beginning of each day, each shift, or just prior to testing on a machine used intermittently. It is recommended that the results of these routine checks be kept in a log book for the machine. After the testing machine has been ascertained to comply with [Annex A1](#) and [Annex A2](#), carry out the routine check as follows:

8.1.1.1 Visually examine the striker and anvils for obvious damage and wear.

8.1.1.2 Check the zero position of the machine by using the following procedure: raise the pendulum to the latched position, move the pointer to near the maximum capacity of the range being used, release the pendulum, and read the indicated value. The pointer should indicate zero on machines reading directly in energy. On machines reading in degrees, the reading should correspond to zero on the conversion chart furnished by the machine manufacturer.

NOTE 2—On machines that do not compensate for windage and friction losses, the pointer will not indicate zero. In this case, the indicated values, when converted to energy, shall be corrected for frictional losses that are assumed to be proportional to the arc of swing.

8.1.1.3 The friction and windage loss shall not exceed 0.4 % of the scale range being tested and should not change by more than 10 % of the percent friction and windage loss measurements previously recorded on the machine. If the percent friction and windage loss does exceed 0.4 % or is significantly different from previous measurements, check the indicating mechanism, the latch height, and the bearings for wear and damage. However, if the machine has not been used recently, let the pendulum swing for 50 to 100 cycles, and repeat the percent friction and windage test before undertaking repairs to the machine. To ensure that friction and windage losses are within allowable tolerances, use one of the following evaluation procedures:

(1) For a machine equipped with an analog scale:

Raise the pendulum to the latched position;
Move the pointer to the maximum scale value being used;
Release the pendulum (without a specimen in the machine);
Allow the pendulum to cycle five times (a forward and a backward swing together count as one cycle);
Prior to the sixth forward swing set the pointer to between 5 and 10 % of the maximum scale value being used;
After the sixth forward swing record the value indicated by the pointer (convert to energy if necessary);
Divide the energy reading by 10;
Divide by the maximum scale value being used, and
Multiply by 100 to get the percent friction and windage loss.

(2) A machine equipped with a digital display:

Determine the percent friction and windage loss per manufacturer's procedure.

(3) For machine equipped with both an analog scale and digital display:

Determine the friction and windage loss using the same indicating device used to report absorbed energy ([10.2.4](#) and [A2.4](#)).

NOTE 3—Prior to the 2012 version, the percent friction and windage was based on 11 (half) swings and the pointer was not engaged on the first swing. Now the pointer is engaged on the first swing. The difference is that the friction, windage, and pointer losses associated with the first swing are no longer assumed to be zero. On the 1st swing the pointer should go to 0.00, so any friction that will be recorded will only show up on the following 10 (half) swings.

8.2 Test Temperature Considerations:

8.2.1 The temperature of testing affects the impact properties of most materials. For materials with a body centered cubic structure, a transition in fracture mode occurs over a temperature range that depends on the chemical composition and microstructure of the material. Test temperatures may be chosen to characterize material behavior at fixed values, or over a range of temperatures to characterize the transition region, lower shelf, or upper shelf behavior, or all of these. The choice of test temperature is the responsibility of the user of this test method and will depend on the specific application. For tests performed at room temperature, a temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ is recommended.

8.2.2 The temperature of a specimen can change significantly during the interval it is removed from the temperature conditioning environment, transferred to the impact machine, and the fracture event is completed (see [Note 6](#)). When using a heating or cooling medium near its boiling point, use data from the references in [Note 6](#) or calibration data with thermocouples to confirm that the specimen is within the stated temperature tolerances when the striker contacts the specimen. If excessive adiabatic heating is expected, monitor the specimen temperature near the notch during fracture.

8.2.3 Verify temperature-measuring equipment at least every six months. If liquid-in-glass thermometers are used, an initial verification shall be sufficient, however, the device shall be inspected for problems, such as the separation of liquid, at least twice annually.

8.2.4 Hold the specimen at the desired temperature within $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2\text{ }^{\circ}\text{F}$) in the temperature conditioning environment. Any method of heating or cooling or transferring the specimen to the anvils may be used provided the temperature of the specimen immediately prior to fracture is essentially the same as the holding temperature (see [Note 6](#)). The maximum change in the temperature of the specimen allowed for the interval between the temperature conditioning treatment and impact is not specified here, because it is dependent on the material being tested and the application. The user of nontraditional or lesser used temperature conditioning and transfer methods (or specimen sizes) shall show that the temperature change for the specimen prior to impact is comparable to or less than the temperature change for a standard size specimen of the same material that has been thermally conditioned in a commonly used medium (oil, air, nitrogen, acetone, methanol), and transferred for impact within 5 seconds (see [Note 6](#)). Three temperature conditioning and transfer methods used in the past are: liquid bath thermal conditioning and transfer to the

specimen supports with centering tongs; furnace thermal conditioning and robotic transfer to the specimen supports; placement of the specimen on the supports followed by in situ heating and cooling.

8.2.4.1 For liquid bath cooling or heating use a suitable container, which has a grid or another type of specimen positioning fixture. Cover the specimens, when immersed, with at least 25 mm (1 in.) of the liquid, and position so that the notch area is not closer than 25 mm to the sides or bottom of the container, and no part of the specimen is in contact with the container. Place the device used to measure the temperature of the bath in the center of a group of the specimens. Agitate the bath and hold at the desired temperature within $\pm 1^\circ\text{C}$ ($\pm 2^\circ\text{F}$). Thermally condition the specimens for at least 5 min before testing, unless a shorter thermal conditioning time can be shown to be valid by measurements with thermocouples. Leave the device (tongs, for example) used to handle the specimens in the bath for at least 5 min before testing, and return the device to the bath between tests.

8.2.4.2 When using a gas medium, position the specimens so that the gas circulates around them and hold the gas at the desired temperature within $\pm 1^\circ\text{C}$ ($\pm 2^\circ\text{F}$) for at least 30 min. Leave the device used to remove the specimen from the medium in the medium except when handling the specimens.

NOTE 4—Temperatures up to $+260^\circ\text{C}$ may be obtained with certain oils, but “flash-point” temperatures must be carefully observed.

NOTE 5—For testing at temperatures down to -196°C (77°K), standard testing procedures have been found to be adequate for most metals.

NOTE 6—A study has shown that a specimen heated to 100°C in water can cool 10°C in the 5 s allowed for transfer to the specimen supports (1)⁴. Other studies, using cooling media that are above their boiling points at room temperature have also shown large changes in specimen temperature during the transfer of specimens to the machine anvils. In addition, some materials change temperature dramatically during impact testing at cryogenic temperatures due to adiabatic heating (2).

8.3 Charpy Test Procedure:

8.3.1 The Charpy test procedure may be summarized as follows: the test specimen is thermally conditioned and positioned on the specimen supports against the anvils; the pendulum is released without vibration, and the specimen is impacted by the striker. Information is obtained from the machine and from the broken specimen.

8.3.2 To position a test specimen in the machine, it is recommended that self-centering tongs similar to those shown in Fig. 5 be used (see A1.10.1). The tongs illustrated in Fig. 5 are for centering V-notch specimens. If keyhole specimens are used, modification of the tong design may be necessary. If an end-centering device is used, caution must be taken to ensure that low-energy high-strength specimens will not rebound off this device into the pendulum and cause erroneously high recorded values. Many such devices are permanent fixtures of machines, and if the clearance between the end of a specimen in the test position and the centering device is not approximately 13 mm, the broken specimens may rebound into the pendulum.

8.3.3 To conduct the test, prepare the machine by raising the pendulum to the latched position, set the energy indicator at the

maximum scale reading, or initialize the digital display, or both, position the specimen on the anvils, and release the pendulum. If a liquid bath or gas medium is being used for thermal conditioning, perform the following sequence in less than 5 s (for standard $10 \times 10 \times 55$ mm ($0.394 \times 0.394 \times 2.165$ in.) specimens, see 8.2.4). Remove the test specimen from its cooling (or heating) medium with centering tongs that have been temperature conditioned with the test specimen, place the specimen in the test position, and release the pendulum smoothly. If a test specimen has been removed from the temperature conditioning bath and it is questionable that the test can be conducted within the 5 s time frame, return the specimen to the bath for the time required in 8.2 before testing.

8.3.3.1 If a fractured impact specimen does not separate into two pieces, report it as unbroken (see 9.2.2 for separation instructions). Unbroken specimens with absorbed energies of less than 80 % of the machine capacity may be averaged with values from broken specimens. If the individual values are not listed, report the percent of unbroken specimens with the average. If the absorbed energy exceeds 80 % of the machine capacity and the specimen passes completely between the anvils, report the value as approximate (see 10.1) and do not average it with other values. If an unbroken specimen does not pass between the machine anvils, (for example, it stops the pendulum), the result shall be reported as exceeding the machine capacity. A specimen shall never be struck more than once.

8.3.3.2 If a specimen jams in the machine, disregard the results and check the machine thoroughly for damage or misalignment, which would affect its calibration.

8.3.3.3 To prevent recording an erroneous value, caused by jarring the indicator when locking the pendulum in its upright (ready) position, read the value for each test from the indicator prior to locking the pendulum for the next test.

8.4 Izod Test Procedure:

8.4.1 The Izod test procedure may be summarized as follows: the test specimen is positioned in the specimen-holding fixture and the pendulum is released without vibration. Information is obtained from the machine and from the broken specimen. The details are described as follows:

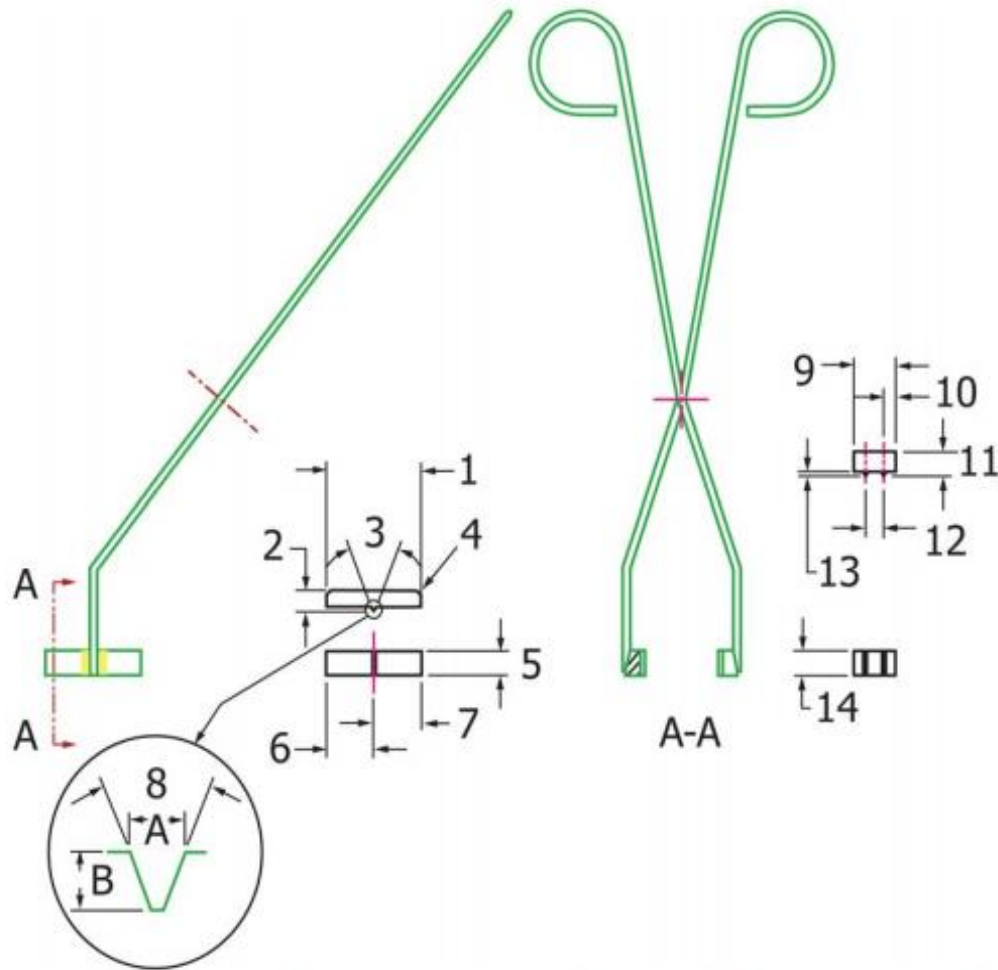
8.4.2 Testing at temperatures other than room temperature is difficult because the specimen-holding fixture for Izod specimens is often part of the base of the machine and cannot be readily cooled (or heated). Consequently, Izod testing is not recommended at other than room temperature.

8.4.3 Clamp the specimen firmly in the support vise so that the centerline of the notch is in the plane of the top of the vise within 0.125 mm. Set the energy indicator at the maximum scale reading, and release the pendulum smoothly. Sections 8.3.3.1 – 8.3.3.3, also apply when testing Izod specimens.

9. Information Obtainable from Impact Tests

9.1 The absorbed energy shall be taken as the difference between the energy in the striking member at the instant of impact with the specimen and the energy remaining after breaking the specimen. This value is determined by the machine’s scale reading which has been corrected for windage and friction losses.

⁴ The boldface numbers given in parentheses refer to a list of references at the end of the text.



ID	Designation	Symbol	Dimension, mm	ID	Designation	Symbol	Dimension, mm
1	Support (notch side) length		39.93 + 0 - 0.051	8A	10 mm specimen depth		1.60 to 1.70
					5 mm specimen depth		0.74 to 0.80
					3 mm specimen depth		0.45 to 0.51
2	Support (notch side) height		7.94 ± 1	8B	10 mm specimen depth		1.52 to 1.65
3	Insert angle		44.5 ± 0.5°		5 mm specimen depth		0.69 to 0.81
4	Radius on support		9.53 ± 1		3 mm specimen depth		0.36 to 0.48
5	Support width		19.96 ± 1	9	Solder pad width		17.46 ± 1
6	Notch center		19.96	10	Solder pad extension		4.76 ± 1
7	Notch center		19.96	11	Solder pad height		9.53 ± 1
				12	Solder rod height		7.94 ± 1
				13	Support height		1.588 ± 1
				14	Support (backside) height		9.53 ± 1

FIG. 5 Centering Tongs for V-Notch Charpy Specimens

NOTE 7—Alternative means for energy measurement are acceptable provided the accuracy of such methods can be demonstrated. Methods used include optical encoders and strain-gaged strikers.

9.2 Lateral expansion measurement methods must take into account the fact that the fracture path seldom bisects the point

of maximum expansion on both sides of a specimen. One half of a broken specimen may include the maximum expansion for both sides, one side only, or neither. Therefore, the expansion on each side of each specimen half must be measured relative

to the plane defined by the undeformed portion on the side of the specimen, as shown in Fig. 6. For example, if A_1 is greater than A_2 , and A_3 is less than A_4 , then the lateral expansion is the sum of $A_1 + A_4$.

9.2.1 Before making any lateral expansion measurements, it is essential that the two specimen halves are visually examined for burrs that may have formed during impact testing; if the burrs will influence the lateral expansion measurements, they must be removed (by rubbing on emery cloth or any other suitable method), making sure that the protrusions to be measured are not rubbed during the removal of the burr. Then, examine each fracture surface to ascertain that the protrusions have not been damaged by contacting an anvil, a machine mounting surface, etc. Lateral expansion shall not be measured on a specimen with this type of damage.

9.2.2 Lateral expansion measurements shall be reported as follows. An unbroken specimen can be reported as broken if the specimen can be separated by pushing the hinged halves together once and then pulling them apart without further fatiguing the specimen, and the lateral expansion measured for the unbroken specimen (prior to bending) is equal to or greater than that measured for the separated halves. In the case where a specimen cannot be separated into two halves, the lateral expansion can be measured as long as the shear lips can be accessed without interference from the hinged ligament that has been deformed during testing. The specimen should be reported as unbroken.

9.2.3 Lateral expansion may be measured easily by using a gage like the one shown in Fig. 7 (assembly and details shown in Fig. 8). Using this type of gage the measurement is made with the following procedure: orient the specimen halves so that the compression sides are facing each other, take one half of the fractured specimen and press it against the anvil and dial gage plunger and record the reading, make a similar measurement on the other half (same side) of the fractured specimen and disregard the lower of the two values, do the same for the other side of the fractured specimen, report the sum of the maximum expansions for the 2 sides as the lateral expansion for the specimen.

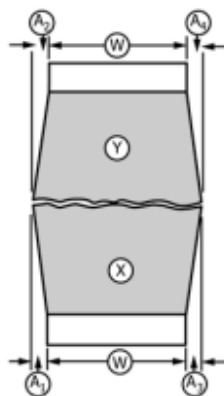


FIG. 6 Halves of Broken Charpy V-Notch Impact Specimen Illustrating the Measurement of Lateral Expansion, Dimensions A_1 , A_2 , A_3 , A_4 and Original Width, Dimension W

9.3 The percentage of shear fracture on the fracture surfaces of impact specimens may be determined using a variety of methods. The approach and the acceptable methods are defined in Annex A4. For each method, the user must distinguish between regions formed by stable crack growth mechanisms, and regions formed by unstable crack growth mechanisms. For purposes of this Test Method, the “shear area” consists of those portions of the fracture surface that form by stable crack growth (Fracture Initiation Region, Shear Lips, and Final Fracture Region), as shown in Fig. 9.

The percent shear area on the fracture surface of a Charpy impact specimen is typically calculated as the difference between the total fractured area (Fracture Initiation Region, Shear Lips, Unstable Fracture region, and Final Fracture Region) and the area of unstable fracture region, divided by the total fractured area, times 100. The measurement methods described in Annex A4 provide estimates for the area of the unstable fracture region (directly or indirectly), but do not consider details of the fracture mode for the unstable region. The unstable fracture region could be 100 % cleavage, a mixture of cleavage and ductile-dimple fracture morphologies, a mixture of intergranular and ductile-dimple fracture morphologies, or a mixture of other fracture morphologies.

NOTE 8—Carbon steels often exhibit a classic cleavage region that identifies the unstable fracture region with a well-defined area of shiny fracture that is easy to recognize and measure. Other steels, such as quenched and tempered SAE 4340, alloys have a region of unstable fracture that consists of an intimate mixture of cleavage facets and ductile dimples (only apparent at high magnifications). Some embrittled steels can exhibit partially intergranular fracture, as well. In these cases the area of unstable fracture may not be as easy to identify.

10. Report

10.1 Absorbed energy values above 80 % of the scale range are inaccurate and shall be reported as approximate. Ideally an impact test would be conducted at a constant impact velocity. In a pendulum-type test, the velocity decreases as the fracture progresses. For specimens that have impact energies approaching 80 % of the capacity of the pendulum, the velocity of the pendulum decreases (to about 45 % of the initial velocity) during fracture to the point that accurate impact energies are no longer obtained.

10.2 For commercial acceptance testing, report the following information (for each specimen tested):

- 10.2.1 Specimen type,
- 10.2.2 Specimen size (if not the full-size specimen),
- 10.2.3 Test temperature,
- 10.2.4 Absorbed energy, and
- 10.2.5 Any other contractual requirements.

10.3 For other than commercial acceptance testing the following information is often reported in addition to the information in 10.2:

- 10.3.1 Lateral expansion,
- 10.3.2 Unbroken specimens,
- 10.3.3 Fracture appearance (% shear, See Note A4.1),
- 10.3.4 Specimen orientation, and
- 10.3.5 Specimen location.

NOTE 9—Even when the test temperature is specified as room

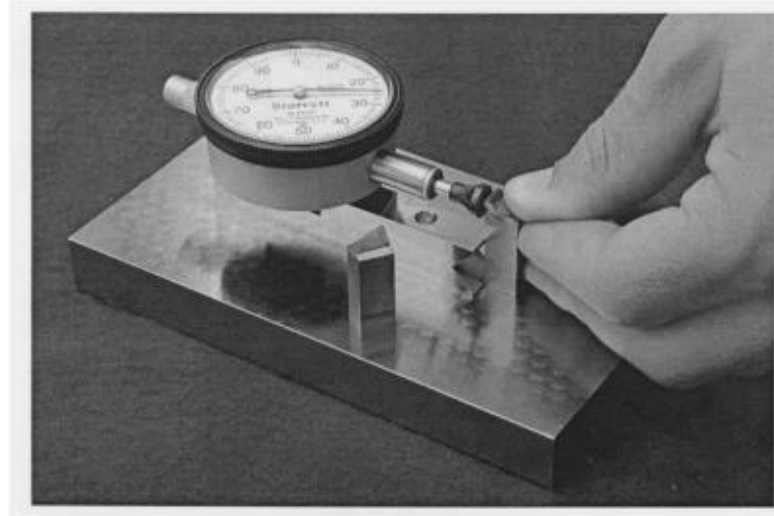


FIG. 7 Lateral Expansion Gage for Charpy Impact Specimens

temperature, report the actual temperature.

11. Precision and Bias

11.1 *An Interlaboratory study* used CVN specimens of low energy and of high energy to find sources of variation in the CVN absorbed energy. Data from 29 laboratories were included with each laboratory testing one set of five specimens of each energy level. Except being limited to only two energy levels (by availability of reference specimens), Practice E691 was followed for the design and analysis of the data; the details are given in ASTM Research Report No. RR:E28-1014.⁵

11.2 *Precision*—The *Precision* information given below is for the average CVN absorbed energy of five test determinations at each laboratory for each material.

Material	Low Energy J	High Energy J
Absorbed Energy	15.9	96.2
95 % Repeatability Limit	2.4	8.3
95 % Reproducibility Limits	2.7	9.2

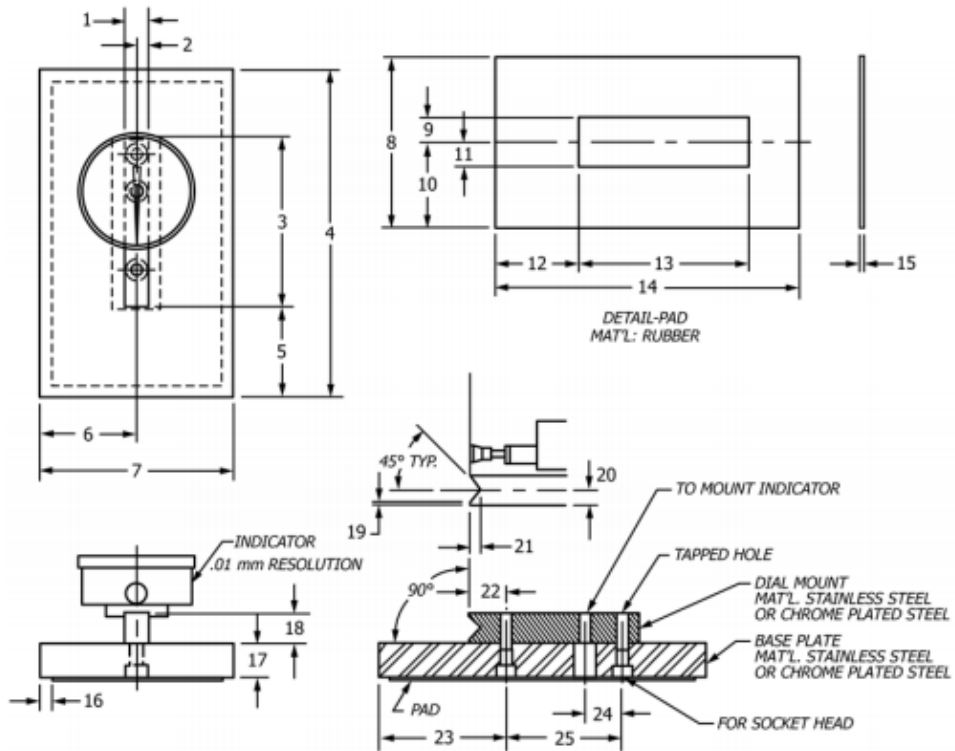
The terms repeatability and reproducibility limit are used as defined in Practice E177. The respective standard deviations among test results may be obtained by dividing the above limits by 2.8.

11.3 *Bias*—*Bias cannot be defined* for CVN absorbed energy. The physical simplicity of the pendulum design is complicated by complex energy loss mechanisms within the machine and the specimen. Therefore, there is no absolute standard to which the measured values can be compared.

12. Keywords

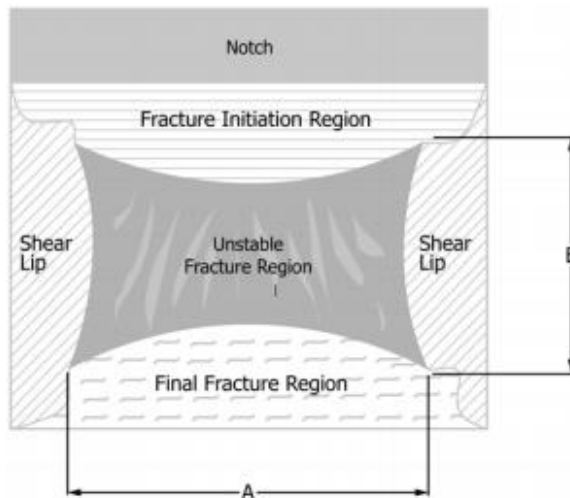
12.1 Charpy test; fracture appearance; Izod test; impact test; notched specimens; pendulum machine

⁵ Supporting data have been filed at ASTM International Headquarters and may be obtained by requesting Research Report RR: E28-1014.



ID Num	Dimension, mm	ID Num	Dimension, mm
1	12.7	15	1.59
2	6.4	16	6.4
3	88.9	17	17.5
4	171.5	18	15.9
5	47.6	19	1.7
6	50.8	20	0.5
7	101.6	21	8.3
8	88.9	22	3.2
9	12.7	23	6.1
10	44.5	24	19.1
11	12.7	25	66.7
12	43.2	26	19.1
13	88.9	27	60.3
14	158.8		

FIG. 8 Assembly and Details for Lateral Expansion Gage



NOTE 1—Measure average dimensions A and B to the nearest 0.5 mm. Determine the percent shear fracture using Table A4.1 or Table A4.2.
FIG. 9 Schematic of the Fracture Surface of a Charpy V-Notch Impact Test Specimen Showing the Various Region of Fracture

ANNEXES

(Mandatory Information)

A1. GENERAL REQUIREMENTS FOR IMPACT MACHINES

A1.1 *The machine frame* shall be equipped with a bubble level or a machined surface suitable for establishing levelness of the axis of pendulum bearings or, alternatively, the levelness of the axis of rotation of the pendulum may be measured directly. The machine shall be level to within 3:1000 and securely bolted to a concrete floor not less than 150 mm thick or, when this is not practical, the machine shall be bolted to a foundation having a mass not less than 40 times that of the pendulum. The bolts shall be tightened as specified by the machine manufacturer.

A1.2 *A scale or digital display*, graduated in degrees or energy, on which readings can be estimated in increments of 0.25 % of the energy range or less shall be furnished for the machine.

A1.2.1 The scales and digital displays may be compensated for windage and pendulum friction. The error in the scale reading at any point shall not exceed 0.2 % of the range or 0.4 % of the reading, whichever is larger. (See A2.3.8.)

A1.3 *The total friction and windage losses* of the machine during the swing in the striking direction shall not exceed 0.75 % of the scale range capacity, and pendulum energy loss

from friction in the indicating mechanism shall not exceed 0.25 % of scale range capacity. See A2.3.8 for friction and windage loss calculations.

A1.4 *The position of the pendulum*, when hanging freely, shall be such that the striker is within 2.5 mm from the test specimen. When the indicator has been positioned to read zero energy in a free swing, it shall read within 0.2 % of the scale range when the striker of the pendulum is held against the test specimen. The plane of swing of the pendulum shall be perpendicular to the transverse axis of the Charpy specimen anvils or Izod vise within 3:1000.

A1.5 *Transverse play of the pendulum* at the striker shall not exceed 0.75 mm under a transverse force of 4 % of the effective weight of the pendulum applied at the center of strike. Radial play of the pendulum bearings shall not exceed 0.075 mm.

A1.6 *The impact velocity* (tangential velocity) of the pendulum at the center of strike shall not be less than 3 nor more than 6 m/s.

A1.7 The height of the center of strike in the latched position, above its free hanging position, shall be within 0.4 % of the range capacity divided by the supporting force, measured as described in A2.3.5.1. If windage and friction are compensated for by increasing the height of drop, the height of drop may be increased by not more than 1 %.

A1.8 The mechanism for releasing the pendulum from its initial position shall operate freely and permit release of the pendulum without initial impulse, retardation, or side vibration. If the same lever used to release the pendulum is also used to engage the brake, means shall be provided for preventing the brake from being accidentally engaged.

A1.9 Specimen clearance is needed to ensure satisfactory results when testing materials of different strengths and compositions. The test specimen shall exit the machine with a minimum of interference. Pendulums used on Charpy machines are of three basic designs, as shown in Fig. A1.1.

A1.9.1 When using a C-type pendulum or a compound pendulum, the broken specimen will not rebound into the pendulum and slow it down if the clearance at the end of the specimen is at least 13 mm or if the specimen is deflected out of the machine by some arrangement such as that shown in Fig. A1.1.

A1.9.2 When using a U-type pendulum, means shall be provided to prevent the broken specimen from rebounding

against the pendulum (see Fig. A1.1). In most U-type pendulum machines, steel shrouds should be designed and installed to the following requirements: (a) thickness of approximately 1.5 mm, (b) minimum hardness of 45 HRC, (c) radius of less than 1.5 mm at the underside corners, and (d) positioned so that the clearance between them and the pendulum overhang (both top and sides) does not exceed 1.5 mm.

NOTE A1.1—In machines where the opening within the pendulum permits clearance between the ends of a specimen (resting on the specimen supports) and the shrouds, and this clearance is at least 13 mm, the requirements (a) and (d) need not apply.

A1.10 Charpy Apparatus:

A1.10.1 Means shall be provided (see Fig. A1.2) to locate and support the test specimen against two anvil blocks in such a position that the center of the notch is located within 0.25 mm of the midpoint between the anvils (see 8.3.2).

A1.10.2 The supports and striker shall be of the forms and dimensions shown in Fig. A1.2. Other dimensions of the pendulum and supports should be such as to minimize interference between the pendulum and broken specimens.

A1.10.3 The center line of the striker shall advance in the plane that is within 0.40 mm of the midpoint between the supporting edges of the anvils. The striker shall be perpendicular to the longitudinal axis of the specimen within 5:1000. The

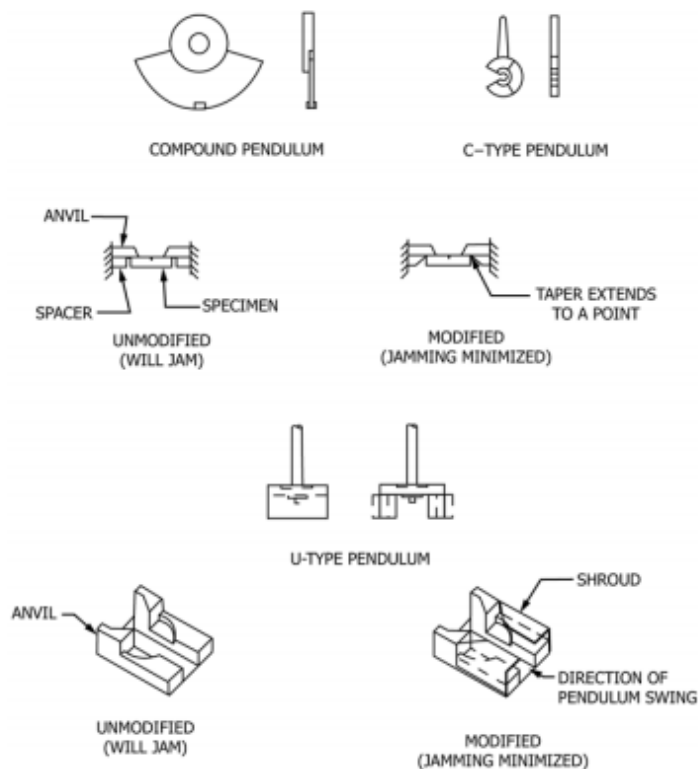
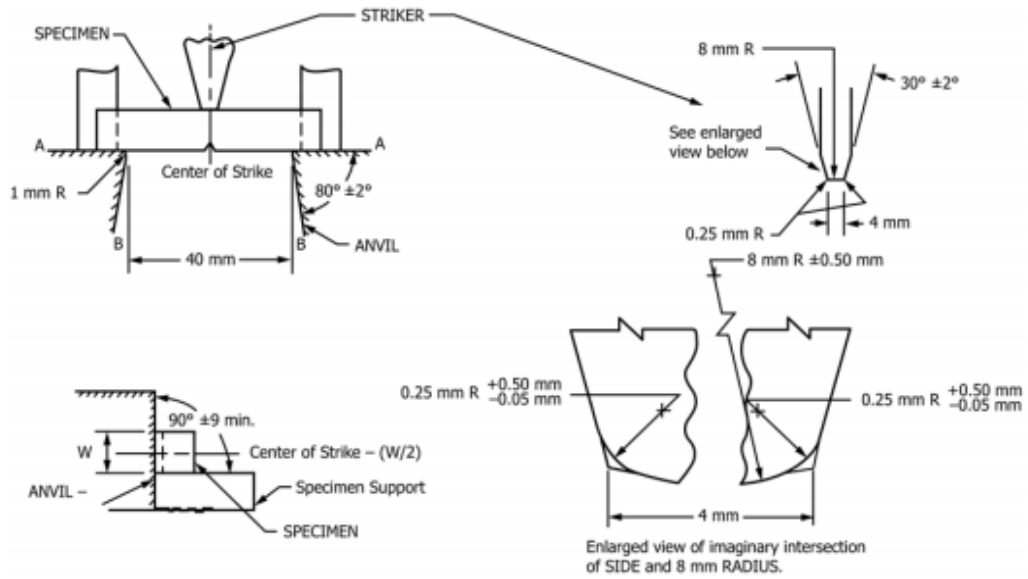
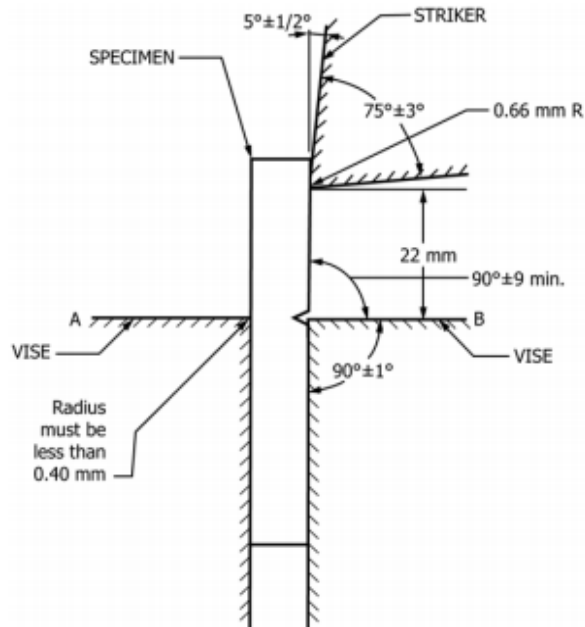


FIG. A1.1 Typical Pendulums and Anvils for Charpy Machines, Shown with Modifications to Minimize Jamming



Note 1—Anvils shall be manufactured with a surface finish of $0.1 \mu\text{m}$ (R_a) or better on surfaces A and B above the anvil supports when mounted on the machine.
 Note 2—Striker shall be manufactured with a surface finish of $0.1 \mu\text{m}$ (R_a) or better along the front radius and along both sides.
 Note 3—All dimensional tolerances shall be $\pm 0.05 \text{ mm}$ unless otherwise specified.

FIG. A1.2 Charpy Striker



Note 1—All dimensional tolerances shall be $\pm 0.05 \text{ mm}$ unless otherwise specified.

Note 2—The clamping surfaces of A and B shall be flat and parallel within 0.025 mm .

Note 3—Surface finish on striker and vise shall be $2 \mu\text{m}$ (R_a).

Note 4—Striker width must be greater than that of the specimen being tested.

FIG. A1.3 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test

striker shall be parallel within 1:1000 to the face of a perfectly square test specimen held against the anvils.

A1.11 Izod Apparatus:

A1.11.1 Means shall be provided (see Fig. A1.3) for clamping the specimen in such a position that the face of the specimen is parallel to the striker within 1:1000. The edges of the clamping surfaces shall be sharp angles of $90^\circ \pm 1^\circ$ with radii less than 0.40 mm. The clamping surfaces shall be smooth

with a $2\ \mu\text{m}$ (R_a) finish or better, and shall clamp the specimen firmly at the notch with the clamping force applied in the direction of impact. For rectangular specimens, the clamping surfaces shall be flat and parallel within 0.025 mm. For cylindrical specimens, the clamping surfaces shall be contoured to match the specimen and each surface shall contact a minimum of $\pi/2$ rad (90°) of the specimen circumference.

A1.11.2 The dimensions of the striker and its position relative to the specimen clamps shall be as shown in Fig. A1.3.

A2. VERIFICATION OF PENDULUM IMPACT MACHINES

A2.1 *The verification of impact machines has two parts:* direct verification, which consists of inspecting the machine to ensure that the requirements of this annex and Annex A1 are met, and indirect verification, which entails the testing of verification specimens.

A2.1.1 Izod machines are verified by direct verification annually.

A2.1.2 Charpy machines shall be verified directly and indirectly annually. Data is valid only when produced within 365 days following the date of the most recent successful verification test. Charpy machines shall also be verified immediately after replacing parts that may affect the measured energy, after making repairs or adjustments, after they have been moved, or whenever there is reason to doubt the accuracy of the results, without regard to the time interval. These restrictions include cases where parts, which may affect the measured energy, are removed from the machine and then reinstalled without modification (with the exception of when the striker or anvils are removed to permit use of a different striker or set of anvils and then are reinstalled, see A2.1.3). It is not intended that parts not subjected to wear (such as pendulum and scale linearity) are to be directly verified each year unless a problem is evident. Only the items cited in A2.2 are required to be inspected annually. Other parts of the machine shall be directly verified at least once, when the machine is new, or when parts are replaced.

A2.1.3 Charpy machines do not require immediate indirect verification after removal and replacement of the striker or anvils, or both, that were on the machine when it was verified provided the following safeguards are implemented: (1) an organizational procedure for the change is developed and followed, (2) high-strength low-energy quality control specimens (see A2.4.1.1 for guidance in breaking energy range for these specimens) are tested prior to removal and immediately after installation of the previously verified striker or anvils, or both within the 365 day verification period, (3) the results of the before and after tests of the quality control specimens are within 1.4 J of each other, (4) the results of the comparisons are kept in a log book, and (5) before reattachment, the striker and anvils are visually inspected for wear and dimensionally verified to assure that they meet the required tolerances of Fig.

A1.2. The use of certified impact verification specimens is not required and internal quality control specimens are permitted.

A2.2 Direct Verification of Parts Requiring Annual Inspection:

A2.2.1 Inspect the specimen supports, anvils, and striker and replace any of these parts that show signs of wear. A straight edge or radius gage can be used to discern differences between the used and unused portions of these parts to help identify a worn condition (see Note A2.1).

NOTE A2.1—To measure the anvil or striker radii, the recommended procedure is to make a replica (casting) of the region of interest and measure cross sections of the replica. This can be done with the anvils and striker in place on the machine or removed from the machine. Make a dam with cardboard and tape surrounding the region of interest, then pour a low-shrinkage casting compound into the dam (silicon rubber casting compounds work well). Allow the casting to cure, remove the dam, and slice cross sections through the region of interest with a razor. Use these cross sections to make radii measurements on optical comparators or other instruments.

A2.2.2 Ensure the bolts that attach the anvils and striker to the machine are tightened to the manufacturer's specifications.

A2.2.3 Verify that the shrouds, if applicable, are properly installed (see A1.9.2).

A2.2.4 The pendulum release mechanism, which releases the pendulum from its initial position, shall comply with A1.8.

A2.2.5 Check the level of the machine in both directions (see A1.1).

A2.2.6 Check that the foundation bolts are tightened to the manufacturer's specifications.

NOTE A2.2—Expansion bolts or fasteners with driven-in inserts shall not be used for foundations. These fasteners will work loose and/or tighten up against the bottom of the machine indicating a false high torque value when the bolts are tightened.

A2.2.7 Check the indicator zero and the friction loss of the machine as described in 8.1.

A2.3 Direct Verification of Parts to be Verified at Least Once:

A2.3.1 Charpy anvils and supports or Izod vises shall conform to the dimensions shown in Fig. A1.2 or Fig. A1.3.

NOTE A2.3—The impact machine will be inaccurate to the extent that some energy is used in deformation or movement of its component parts or of the machine as a whole; this energy will be registered as used in fracturing the specimen.

A2.3.2 The striker shall conform to the dimensions shown in Fig. A1.2 or Fig. A1.3. The mounting surfaces must be clean and free of defects that would prevent a good fit. Check that the striker complies with A1.10.3 (for Charpy tests) or A1.11.1 (for Izod tests).

A2.3.3 The pendulum alignment shall comply with A1.4 and A1.5. If the side play in the pendulum or the radial play in the bearings exceed the specified limits, adjust or replace the bearings, or a combination thereof.

A2.3.4 Determine the Center of Strike—For Charpy machines the center of strike of the pendulum is determined using a half-width specimen (10 × 5 × 55 mm) in the test position. With the striker in contact with the specimen, a line marked along the top edge of the specimen on the striker will indicate the center of strike. For Izod machines, the center of strike may be considered to be the contact line when the pendulum is brought into contact with a specimen in the normal testing position.

A2.3.5 Determine the Potential Energy—The following procedure shall be used when the center of strike of the pendulum is coincident with the radial line from the centerline of the pendulum bearings (herein called the axis of rotation) to the center of gravity (see Appendix X2). If the center of strike is more than 1.0 mm from this line, suitable corrections in elevation of the center of strike must be made in A2.3.8.1 and A2.3.9, so that elevations set or measured correspond to what they would be if the center of strike were on this line. The potential energy of the system is equal to the height from which the pendulum falls, as determined in A2.3.5.2, times the supporting force, as determined in A2.3.5.1.

A2.3.5.1 To measure the supporting force, support the pendulum horizontally to within 15:1000 with two supports, one at the bearings (or center of rotation) and the other at the center of strike on the striker (see Fig. A2.1). Then arrange the support at the striker to react upon some suitable weighing device such as a platform scale or balance, and determine the weight to within 0.4 %. Take care to minimize friction at either point of support. Make contact with the striker through a round rod crossing the center of strike. The supporting force is the scale reading minus the weights of the supporting rod and any shims that may be used to maintain the pendulum in a horizontal position.

A2.3.5.2 Determine the height of pendulum drop for compliance with the requirement of A1.7. On Charpy machines determine the height from the top edge of a half-width (or center of a full-width) specimen to the elevated position of the center of strike within 0.1 %. On Izod machines determine the height from a distance 22.66 mm above the vise to the release position of the center of strike within 0.1 %. The height may be determined by direct measurement of the elevation of the center of strike or by calculation from the change in angle of the pendulum using the following formulas (see Fig. A2.1):

$$h = S(1 - \cos \beta) \quad (A2.1)$$

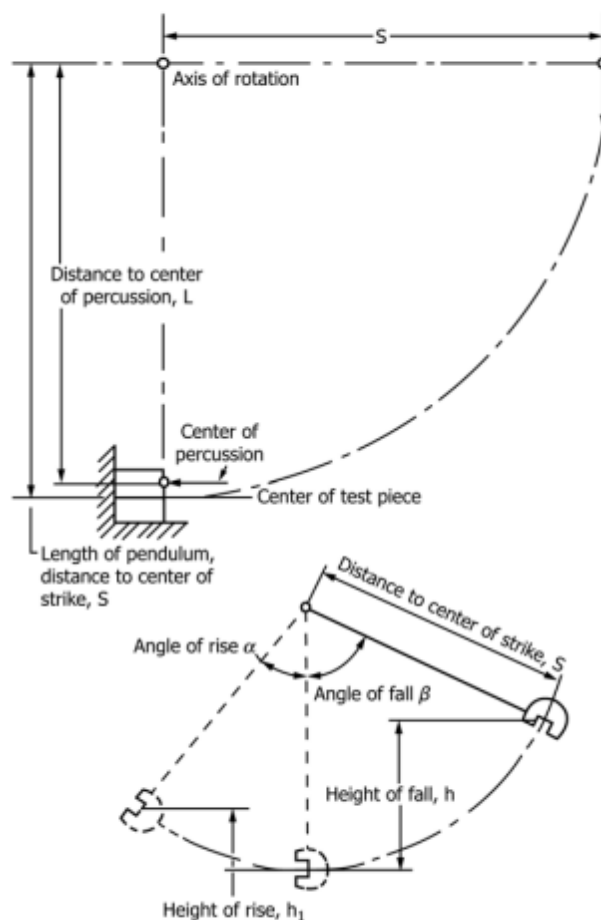


FIG. A2.1 Dimensions for Calculations

$$h_1 = S(1 - \cos \alpha) \quad (A2.2)$$

where

- h = initial elevation of the striker, m,
- S = length of the pendulum distance to the center of strike, m,
- β = angle of fall,
- h_1 = height of rise, m, and
- α = angle of rise.

A2.3.6 Determine the impact velocity, v , of the machine, neglecting friction, by means of the following equation:

$$v = \sqrt{2gh} \quad (A2.3)$$

where:

- v = velocity, m/s,
- g = acceleration of gravity, 9.81 m/s², and
- h = initial elevation of the striker, m.

A2.3.7 The center of percussion shall be at a point within 1 % of the distance from the axis of rotation to the center of strike in the specimen, to ensure that minimum force is transmitted to the point of rotation. Determine the location of the center of percussion as follows:

A2.3.7.1 Using a stop watch or some other suitable time-measuring device, capable of measuring time to within 0.2 s, swing the pendulum through a total angle not greater than 15° and record the time for 100 complete cycles (to and fro). The period of the pendulum then, is the time for 100 cycles divided by 100.

A2.3.7.2 Determine the center of percussion by means of the following equation:

$$L = \frac{gp^2}{4\pi^2} \quad (\text{A2.4})$$

where:

L = distance from the axis to the center of percussion, m,
 g = local gravitational acceleration (accuracy of one part in one thousand), m/s^2 ,

π = 3.1416, and

p = period of a complete swing (to and fro), s.

A2.3.8 *Determination of the Friction Losses*—The energy loss from friction and windage of the pendulum and friction in the recording mechanism, if not corrected, will be included in the energy loss attributed to breaking the specimen and can result in erroneously high measurements of absorbed energy. For machines recording in degrees, frictional losses are usually not compensated for by the machine manufacturer, whereas in machines recording directly in energy, they are usually compensated for by increasing the starting height of the pendulum. Determine energy losses from friction as follows.

A2.3.8.1 Without a specimen in the machine, and with the indicator at the maximum energy reading, release the pendulum from its starting position and record the energy value indicated. This value should indicate zero energy if frictional losses have been corrected by the manufacturer. Now raise the pendulum slowly until it just contacts the indicator at the value obtained in the free swing. Secure the pendulum at this height and within 0.1 % determine the vertical distance from the center of strike to the top of a half-width specimen positioned on the specimen rest supports (see A2.3.5). Determine the supporting force as in A2.3.5.1 and multiply by this vertical distance. The difference between this value and the initial potential energy is the total energy loss in the pendulum and indicator combined. Without resetting the pointer, repeatedly release the pendulum from its initial position until the pointer shows no further movement. The energy loss determined by the final position of the pointer is that due to the pendulum alone. The frictional loss in the indicator alone is then the difference between the combined indicator and pendulum losses and those due to the pendulum alone.

A2.3.9 The indicating mechanism accuracy shall be checked to ensure that it is recording accurately over the entire range (see A1.2.1). Check it at graduation marks corresponding to approximately 0, 10, 20, 30, 50, and 70 % of each range. With the striker marked to indicate the center of strike, lift the pendulum and set it in a position where the indicator reads, for example, 13 J. Secure the pendulum at this height and within 0.1 % determine the vertical distance from the center of strike to the top of a half-width specimen positioned on the specimen supports (see A2.3.5). Determine the residual energy by multiplying the height of the center of strike by the supporting

force, as described in A2.3.5.1. Increase this value by the total frictional and windage losses for a free swing (see A2.3.8.1) multiplied by the ratio of the angle of swing of the pendulum from the latch to the energy value being evaluated to the angle of swing of the pendulum from the latch to the zero energy reading. Subtract the sum of the residual energy and proportional frictional and windage loss from the potential energy at the latched position (see A2.3.5). The indicator shall agree with the energy calculated within the limits of A1.2.1. Make similar calculations at other points of the scale. The indicating mechanism shall not overshoot or drop back with the pendulum. Make test swings from various heights to check visually the operation of the pointer over several portions of the scale.

NOTE A2.4—Indicators that indicate in degrees shall be checked using the above procedure. Degree readings from the scale shall be converted to energy readings using the conversion formula or table normally used in testing. In this way the formula or table can also be checked for windage and friction corrections.

A2.4 Indirect Verification:

A2.4.1 Indirect verification requires the testing of specimens with certified energy values to verify the accuracy of Charpy impact machines.

A2.4.1.1 Verification specimens with certified energy values are produced at low (13 to 20 J), high (88 to 136 J), and super-high (176 to 244 J) energy levels. To meet the verification requirements, the average value determined for a set of verification specimens at each energy level tested shall correspond to the certified values of the verification specimens within 1.4 J (1.0 ft lbf) or 5.0 %, whichever is greater.

A2.4.1.2 The reference values for the verification specimens shall be established on the three reference machines owned, maintained, and operated by NIST in Boulder, CO.

A2.4.2 The verified range of a Charpy impact machine is described with reference to the lowest and highest energy specimens tested on the machine. These values are determined from tests on sets of verification specimens at two or more levels of absorbed energy, except in the case where a Charpy machine has a maximum capacity that is too low for two energy levels to be tested. In this case, one level of absorbed energy can be used for indirect verification.

A2.4.3 Determine the usable range of the impact testing machine prior to testing verification specimens. The usable range of an impact machine is dependent upon the resolution of the scale or readout device at the low end and the capacity of the machine at the high end.

A2.4.3.1 The resolution of the scale or readout device establishes the lower limit of the usable range for the machine. The lower limit is equal to 25 times the resolution of the scale or readout device at 15 J.

NOTE A2.5—On analog scales, the resolution is the smallest change in energy that can be discerned on the scale. This is usually $\frac{1}{4}$ to $\frac{1}{5}$ of the difference between 2 adjacent marks on the scale at the 15 J energy level.

NOTE A2.6—Digital readouts usually incorporate devices, such as digital encoders, with a fixed discrete angular resolution. The resolution of these types of readout devices is the smallest change in energy that can be consistently measured at 15 J. The resolution of these types of devices is usually not a change in the last digit shown on the display because resolution is a function of the angular position of the pendulum and

changes throughout the swing. For devices which incorporate a verification mode in which a live readout of absorbed energy is available, the pendulum may be moved slowly in the area of 15 J to observe the smallest change in the readout device (the resolution).

A2.4.3.2 The upper limit of the usable range of the machine is equal to 80 % of the capacity of the machine.

A2.4.4 Only verification specimens that are within the usable range of the impact machine shall be tested. To verify the machine over its full usable range, test the lowest and highest energy levels of verification specimens commercially available that are within the machine’s usable range. If the ratio between the highest and lowest certified values tested is greater than four, testing of a third set of intermediate energy specimens is required (if the specimens are commercially available).

NOTE A2.7—Use the upper bound of the energy range given for the low, high, and super-high verification specimens (20, 136, and 244 J respectively) to determine the highest energy level verification specimens that can be tested. Alternately, use the lower bound of the energy range given for the verification specimens to determine the minimum energy level for testing.

A2.4.4.1 If the low energy verification specimens were not tested (only high and super-high were tested), the lower limit of the verified range shall be one half the energy of the lowest energy verification set tested.

NOTE A2.8—For example, if the certified value of the high energy specimens tested was 100 J, the lower limit would be 50 J.

A2.4.4.2 If the highest energy verification specimens available for a given Charpy machine capacity were not tested, the upper value of the verified range shall be 1.5 times the certified value of the highest energy specimens tested.

NOTE A2.9—For example, if the machine being tested has a maximum capacity of 325 J and only low and high energy verification specimens were tested, the upper bound of the verified range would be 150 J (100 J × 1.5 = 150 J), assuming that the high energy samples tested had a certified value of 100 J. To verify this machine over its full range, low, high, and super-high verification specimens would have to be tested, because super-high verification specimens can be tested on a machine with a 325 J capacity (80 % of 325 J is 260 J, and the certified value of super-high specimens never exceeds 260 J). See Table A2.1.

TABLE A2.1 Verified Ranges for Various Machine Capacities and Verification Specimens Tested^A

Machine Capacity J	Resolution J	Usable Range J	Verification Specimens Tested			Verified Range J
			Low	High	Super-high	
80	0.10	2.5 to 64	X	...	...	2.5 to 64
160	0.20	5.0 to 128	X	X	...	5.0 to 128
325	0.25	6.25 to 260	X	X	X	6.25 to 260
400	0.30	7.5 to 320	...	X	X	50 to 320
400	0.15	3.75 to 320	X	X	...	3.75 to 150
400	0.15	3.75 to 320	X	X	X	3.75 to 320

^AIn these examples, the high energy verification specimens are assumed to have a certified value of 100 J.

A3. ADDITIONAL IMPACT TEST SPECIMEN CONFIGURATIONS

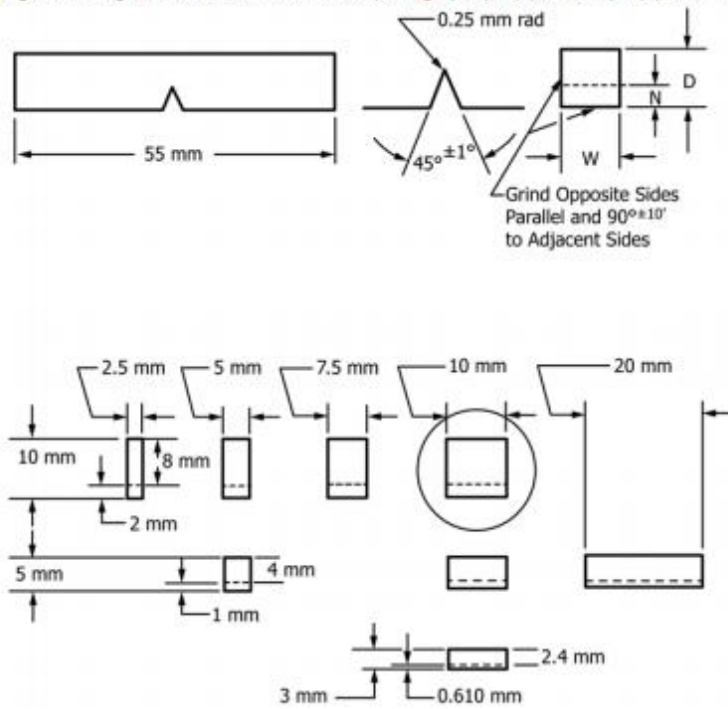
A3.1 *Sub-Size Specimen*—When the amount of material available does not permit making the standard impact test specimens shown in Figs. 1 and 2, smaller specimens may be used, but the results obtained on different sizes of specimens cannot be compared directly (X1.3). When Charpy specimens other than the standard are necessary or specified, it is recommended that they be selected from Fig. A3.1.

A3.2 *Supplementary Specimens*—For economy in preparation of test specimens, special specimens of round or rectangular cross section are sometimes used for cantilever beam test.

These are shown as Specimens X, Y, and Z in Figs. A3.2 and A3.3. Specimen Z is sometimes called the Philpot specimen, after the name of the original designer. For hard materials, the machining of the flat surface struck by the pendulum is sometimes omitted. Types Y and Z require a different vise from that shown in Fig. A1.3, each half of the vise having a semi-cylindrical recess that closely fits the clamped portion of the specimen. As previously stated, the results cannot be reliably compared with those obtained using specimens of other sizes or shapes.

E23 - 12c

On sub-size specimens the length, notch angle, and notch radius are constant (see Fig. 1); depth (D), notch depth (N), and width (W) vary as indicated below.



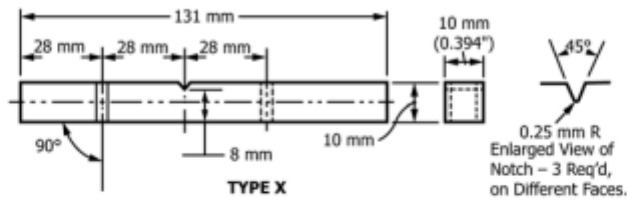
NOTE 1—The circled specimen is the standard specimen (see Fig. 1).

NOTE 2—Permissible variations shall be as follows:

Cross-section dimensions	$\pm 1\%$ or ± 0.075 mm, whichever is smaller
Radius of notch	± 0.025 mm
Ligament length	± 0.025 mm
Finish requirements	$R_a = 2 \mu\text{m}$ on notched surface and opposite face; $R_a = 4 \mu\text{m}$ on other two surfaces

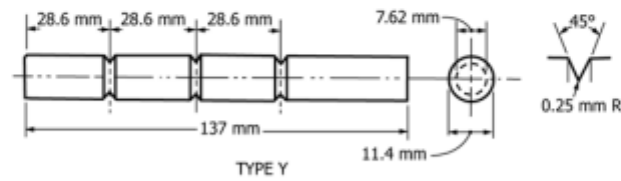
FIG. A3.1 Non-Standard Charpy (Simple-Beam) (Type A) Impact Test Specimens

E23 - 12c



NOTE 1—Permissible variations for type X specimens shall be as follows:

Perpendicularity of notch axis	$\pm 2^\circ$
Adjacent (90° sides) shall be at	± 10 min
Ligament length	± 0.025 mm

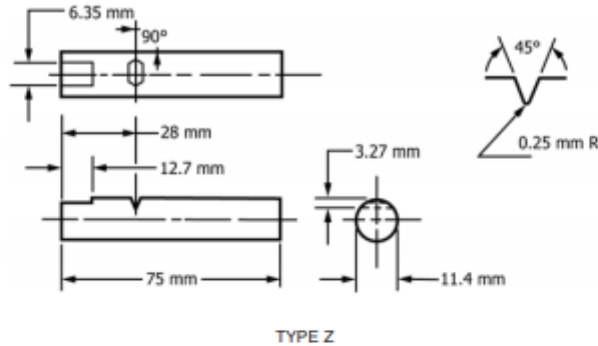


NOTE 2—Permissible variations for both specimens shall be as follows:

Cross-section dimensions	± 0.025 mm
Lengthwise dimensions	+0, -2.5 mm
Angle of notch	$\pm 1^\circ$
Radius of notch	± 0.025 mm
Notch diameter of Type Y specimen	± 0.025 mm

FIG. A3.2 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimens, Types X and Y

The flat shall be parallel to the longitudinal centerline of the specimen and shall be parallel to the bottom of the notch within 2:1000.



NOTE 1—Permissible variations shall be as follows:

Perpendicularity between notch length and longitudinal centerline	$\pm 2^\circ$
Cross-section dimensions	± 0.025 mm
Length of specimen	+0, -2.5 mm
Angle of notch	$\pm 1^\circ$
Radius of notch	± 0.025 mm
Notch depth	± 0.025 mm

FIG. A3.3 Izod (Cantilever-Beam) Impact Test Specimen (Philpot), Type Z

A4. DETERMINATION OF THE PROPORTION OF SHEAR FRACTURE SURFACE

A4.1 These fracture-appearance methods are based on the concept that 100 % shear (stable) fracture occurs above the transition-temperature range and brittle unstable fracture occurs below the range, as shown by the instrumented Charpy data in Fig. A4.1 (see also Test Method E2298). This shear measurement process was developed for carbon steels that undergo a distinct ductile to brittle transition that results in a clearly defined region of cleavage fracture (unstable) on the surface of the specimen. Fracture surface interpretation is complicated in materials that exhibit mixed-mode fracture during unstable crack extension.

In the transition-temperature range, fracture is initiated at the root of the notch by fibrous tearing. A short distance from the notch, unstable crack extension occurs (F_{br}) as the fracture mechanism changes to cleavage, mixed mode, or another low energy fracture mode, which often results in distinct radial markings in the central portion of the specimen (indicative of fast, unstable fracture). After several microseconds the unstable crack extension arrests (F_a). Final fracture occurs at the remaining ligament and at the sides of the specimen in a stable manner. As shear-lips are formed at the sides of the specimen, the plastic hinge at the remaining ligament ruptures. In the ideal case, a “picture frame” of fibrous “shear” (stable) fracture surrounds a relatively flat area of unstable fracture.

The five methods used below may be used to determine the percentage of stable fracture on the surface of impact specimens. It is recommended that the user qualitatively characterize the fracture mode of the unstable fracture zone, and provide a description of how the shear measurements were made. The methods are grouped in order of increasing precision. In the case where a specimen does not separate into two halves during the impact test and the fracture occurs without any evidence of unstable crack extension, the percent shear fracture can be considered to be 100 % and the specimen should be reported as unbroken.

NOTE A4.1—Round robin data (five U.S. companies, 1990) estimates of the percent shear for five quenched and tempered 8219 steels and four microalloyed 1040 steels indicated the following: (1) results using method A4.1.1 systematically underestimated the percent shear (compared with method A4.1.4), (2) the error using method A4.1.2 was random and, (3) the typical variation in independent measurements using method A4.1.4 was on the order of 5 to 10 % for microalloyed 1040 steels.

A4.1.1 Measure the length and width of the unstable fracture region of the fracture surface, as shown in Fig. 9, and determine the percent shear from Table A4.1 and Table A4.2 depending on the units of measurement.

A4.1.2 Compare the appearance of the fracture of the specimen with a fracture appearance chart such as that shown in Fig. A4.2.

A4.1.3 Magnify the fracture surface and compare it to a precalibrated overlay chart or measure the percent shear fracture by means of a planimeter.

A4.1.4 Photograph the fracture surface at a suitable magnification and measure the percent shear fracture by means of a planimeter.

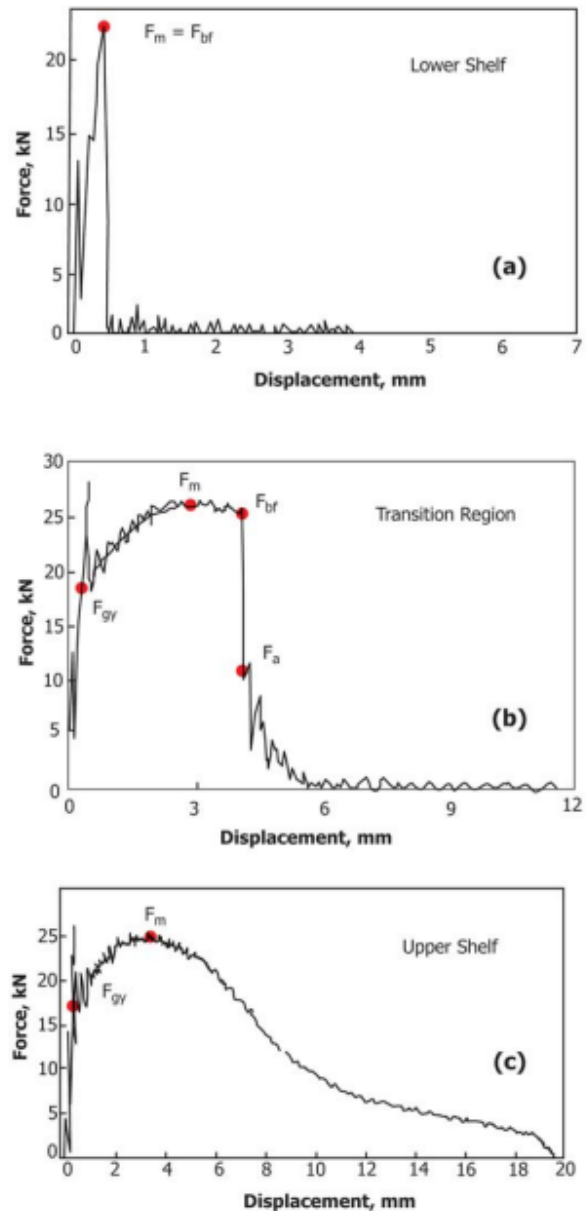



FIG. A4.1 Instrumented Charpy impact data showing behavior of steels in the (a) lower shelf, (b) transition, and (c) upper shelf regions. The symbols are defined as: (1) F_{gy} , general yield force, (2) F_m , maximum force, (3) F_{br} , force at initiation of unstable crack propagation, and (4) F_a , force at end of unstable crack propagation (arrest force).

A4.1.5 Capture a digital image of the fracture surface and measure the percent shear fracture using image analysis software.


E23 – 12c
TABLE A4.1 Percent Shear for Measurements Made in Millimetres

 NOTE 1—100 % shear is to be reported when either *A* or *B* is zero.

Dimension <i>B</i> , mm	Dimension <i>A</i> , mm																		
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10
1.0	99	98	98	97	96	96	95	94	94	93	92	92	91	91	90	89	89	88	88
1.5	98	97	96	95	94	93	92	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
2.0	98	96	95	94	92	91	90	89	88	86	85	84	82	81	80	79	77	76	75
2.5	97	95	94	92	91	89	88	86	84	83	81	80	78	77	75	73	72	70	69
3.0	96	94	92	91	89	87	85	83	81	79	77	76	74	72	70	68	66	64	62
3.5	96	93	91	89	87	85	82	80	78	76	74	72	69	67	65	63	61	58	56
4.0	95	92	90	88	85	82	80	77	75	72	70	67	65	62	60	57	55	52	50
4.5	94	92	89	86	83	80	77	75	72	69	66	63	61	58	55	52	49	46	44
5.0	94	91	88	85	81	78	75	72	69	66	62	59	56	53	50	47	44	41	37
5.5	93	90	86	83	79	76	72	69	66	62	59	55	52	48	45	42	38	35	31
6.0	92	89	85	81	77	74	70	66	62	59	55	51	47	44	40	36	33	29	25
6.5	92	88	84	80	76	72	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19
7.0	91	87	82	78	74	69	65	61	56	52	47	43	39	34	30	26	21	17	12
7.5	91	86	81	77	72	67	62	58	53	48	44	39	34	30	25	20	16	11	6
8.0	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0

TABLE A4.2 Percent Shear for Measurements Made in Inches

 NOTE 1—100 % shear is to be reported when either *A* or *B* is zero.

Dimension <i>B</i> , in.	Dimension <i>A</i> , in.																
	0.05	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40
0.05	98	96	95	94	94	93	92	91	90	90	89	88	87	86	85	85	84
0.10	96	92	90	89	87	85	84	82	81	79	77	76	74	73	71	69	68
0.12	95	90	88	86	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61
0.14	94	89	86	84	82	80	77	75	73	71	68	66	64	62	59	57	55
0.16	94	87	85	82	79	77	74	72	69	67	64	61	59	56	53	51	48
0.18	93	85	83	80	77	74	72	68	65	62	59	56	54	51	48	45	42
0.20	92	84	81	77	74	72	68	65	61	58	55	52	48	45	42	39	36
0.22	91	82	79	75	72	68	65	61	57	54	50	47	43	40	36	33	29
0.24	90	81	77	73	69	65	61	57	54	50	46	42	38	34	30	27	23
0.26	90	79	75	71	67	62	58	54	50	46	41	37	33	29	25	20	16
0.28	89	77	73	68	64	59	55	50	46	41	37	32	28	23	18	14	10
0.30	88	76	71	66	61	56	52	47	42	37	32	27	23	18	13	9	3
0.31	88	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	18	10	5	0

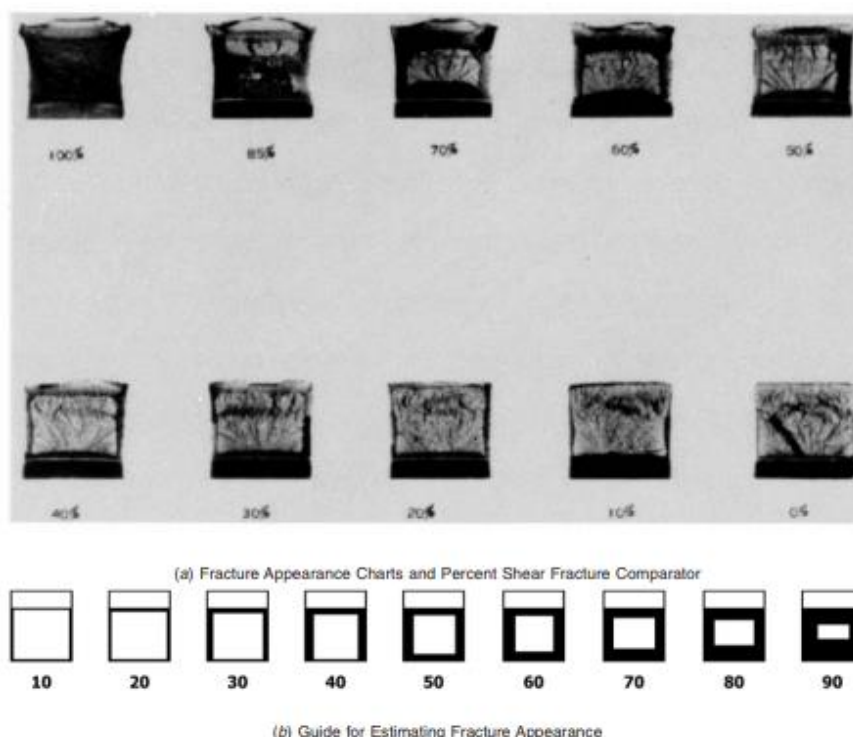


FIG. A4.2 Fracture Appearance

APPENDIXES

(Nonmandatory Information)

XI. NOTES ON SIGNIFICANCE OF NOTCHED-BAR IMPACT TESTING

XI.1 Notch Behavior:

XI.1.1 The Charpy V-notch (CVN) impact test has been used extensively in mechanical testing of steel products, in research, and in procurement specifications for over three decades. Where correlations with fracture mechanics parameters are available, it is possible to specify CVN toughness values that would ensure elastic-plastic behavior for fracture of fatigue cracked specimens subjected to minimum operating temperatures and maximum in-service rates of loading.

XI.1.2 The notch behavior of face-centered cubic metals and alloys, a large group of nonferrous materials and austenitic steels can be judged from their common tensile properties. If they are brittle in tension, they will be brittle when notched, while if they are ductile in tension they will be ductile when notched, except for unusually sharp or deep notches (much more severe than the standard Charpy or Izod specimens). Even low temperatures do not alter this characteristic of these materials. In contrast, the behavior of ferritic steels under notch

conditions cannot be predicted from their properties as revealed by the tension test. For the study of these materials the Charpy and Izod type tests are accordingly very useful. Some metals that display normal ductility in the tension test may nevertheless break in brittle fashion when tested or when used in notched condition. Notched conditions include constraints to deformation in directions perpendicular to the major stress, or multi axial stresses, and stress concentrations. It is in this field that the Charpy and Izod tests prove useful for determining the susceptibility of a steel to notch-brittle behavior though they cannot be directly used to appraise the serviceability of a structure.

XI.2 Notch Effect:

XI.2.1 The notch results in a combination of multi-axial stresses associated with restraints to deformation in directions perpendicular to the major stress, and a stress concentration at the base of the notch. A severely notched condition is generally

not desirable, and it becomes of real concern in those cases in which it initiates a sudden and complete failure of brittle type. Some metals can be deformed in a ductile manner even down to very low temperatures, while others may crack. This difference in behavior can be best understood by considering the cohesive strength of a material (or the property that holds it together) and its relation to the yield point. In cases of brittle fracture, the cohesive strength is exceeded before significant plastic deformation occurs and the fracture appears crystalline. In cases of ductile or shear type of failure, considerable deformation precedes the final fracture and the broken surface appears fibrous instead of crystalline. In intermediate cases, the fracture comes after a moderate amount of deformation and is part crystalline and part fibrous in appearance.

X1.2.2 When a notched bar is loaded, there is a normal stress across the base of the notch which tends to initiate fracture. The property that keeps it from cleaving, or holds it together, is the cohesive strength. The bar fractures when the normal stress exceeds the cohesive strength. When this occurs without the bar deforming it is the condition for brittle fracture.

X1.2.3 In testing, though not in service because of size effects, it happens more commonly that plastic deformation precedes fracture. In addition to the normal stress, the applied force also sets up shear stresses which are about 45° to the normal stress. The elastic behavior terminates as soon as the shear stress exceeds the shear strength of the material and deformation or plastic yielding sets in. This is the condition for ductile failure.

X1.2.4 This behavior, whether brittle or ductile, depends on whether the normal stress exceeds the cohesive strength before the shear stress exceeds the shear strength. Several important facts of notch behavior follow from this. If the notch is made sharper or more drastic, the normal stress at the root of the notch will be increased in relation to the shear stress and the bar will be more prone to brittle fracture (see Table X1.1). Also, as the speed of deformation increases, the shear strength increases and the likelihood of brittle fracture increases. On the other hand, by raising the temperature, leaving the notch and the speed of deformation the same, the shear strength is lowered and ductile behavior is promoted, leading to shear failure.

X1.2.5 Variations in notch dimensions will seriously affect the results of the tests. Tests on E4340 steel specimens have shown the effect of dimensional variations on Charpy results (see Table X1.1).

X1.3 Size Effect:

X1.3.1 Increasing either the width or the depth of the specimen tends to increase the volume of metal subject to distortion, and by this factor tends to increase the energy absorption when breaking the specimen. However, any increase in size, particularly in width, also tends to increase the degree of constraint and by tending to induce brittle fracture, may decrease the amount of energy absorbed. Where a standard-size specimen is on the verge of brittle fracture, this is particularly true, and a double width specimen may actually require less energy for rupture than one of standard width.

X1.3.2 In studies of such effects where the size of the material precludes the use of the standard specimen, for example when the material is a 6.35-mm plate, subsized specimens are used. Such specimens (Fig. A3.1) are based on the Type A specimen of Fig. 1.

X1.3.3 General correlation between the energy values obtained with specimens of different size or shape is not feasible, but limited correlations may be established for specification purposes on the basis of special studies of particular materials and particular specimens. On the other hand, in a study of the relative effect of process variations, evaluation by use of some arbitrarily selected specimen with some chosen notch will in most instances place the methods in their proper order.

X1.4 Temperature Effect:

X1.4.1 The testing conditions also affect the notch behavior. So pronounced is the effect of temperature on the behavior of steel when notched that comparisons are frequently made by examining specimen fractures and by plotting energy values and fracture appearance versus temperature from tests of notched bars at a series of temperatures. When the test temperature has been carried low enough to start cleavage fracture, there may be an extremely sharp drop in absorbed energy or there may be a relatively gradual falling off toward the lower temperatures. This drop in energy value starts when a specimen begins to exhibit some crystalline appearance in the fracture. The transition temperature at which this embrittling effect takes place varies considerably with the size of the part or test specimen and with the notch geometry.

X1.5 Testing Machine:

X1.5.1 The testing machine itself must be sufficiently rigid or tests on high-strength low-energy materials will result in excessive elastic energy losses either upward through the

TABLE X1.1 Effect of Varying Notch Dimensions on Standard Specimens

	High-Energy Specimens, J	Medium-Energy Specimens, J	Low-Energy Specimens, J
Specimen with standard dimensions	103.0 ± 5.2	60.3 ± 3.0	16.9 ± 1.4
Depth of notch, 2.13 mm ^A	97.9	56.0	15.5
Depth of notch, 2.04 mm ^A	101.8	57.2	16.8
Depth of notch, 1.97 mm ^A	104.1	61.4	17.2
Depth of notch, 1.88 mm ^A	107.9	62.4	17.4
Radius at base of notch 0.13 mm ^B	98.0	56.5	14.6
Radius at base of notch 0.38 mm ^B	108.5	64.3	21.4

^AStandard 2.0 ± 0.025 mm (0.079 ± 0.001 in.).

^BStandard 0.25 ± 0.025 mm (0.010 ± 0.001 in.).

pendulum shaft or downward through the base of the machine. If the anvil supports, the striker, or the machine foundation bolts are not securely fastened, tests on ductile materials in the range of 108 J may actually indicate values in excess of 122 to 136 J.

X1.5.2 A problem peculiar to Charpy-type tests occurs when high-strength, low-energy specimens are tested at low temperatures. These specimens may not leave the machine in the direction of the pendulum swing but rather in a sidewise direction. To ensure that the broken halves of the specimens do not rebound off some component of the machine and contact the pendulum before it completes its swing, modifications may be necessary in older model machines. These modifications differ with machine design. Nevertheless the basic problem is the same in that provisions must be made to prevent rebounding of the fractured specimens into any part of the swinging pendulum. Where design permits, the broken specimens may be deflected out of the sides of the machine and yet in other designs it may be necessary to contain the broken specimens within a certain area until the pendulum passes through the anvils. Some low-energy high-strength steel specimens leave impact machines at speeds in excess of 15.2 m/s although they were struck by a pendulum traveling at speeds approximately 5.2 m/s. If the force exerted on the pendulum by the broken specimens is sufficient, the pendulum will slow down and erroneously high energy values will result. This problem accounts for many of the inconsistencies in Charpy results

reported by various investigators within the 14 to 34 J range. Fig. A1.1 illustrates a modification found to be satisfactory in minimizing jamming.

X1.6 Velocity of Straining:

X1.6.1 Velocity of straining is likewise a variable that affects the notch behavior of steel. The impact test shows somewhat higher energy absorption values than the static tests above the transition temperature and yet, in some instances, the reverse is true below the transition temperature.

X1.7 Correlation with Service:

X1.7.1 While Charpy or Izod tests may not directly predict the ductile or brittle behavior of steel as commonly used in large masses or as components of large structures, these tests can be used as acceptance tests or tests of identity for different lots of the same steel or in choosing between different steels, when correlation with reliable service behavior has been established. It may be necessary to perform the tests at properly chosen temperatures other than room temperature. In this, the service temperature or the transition temperature of full-scale specimens does not give the desired transition temperatures for Charpy or Izod tests since the size and notch geometry may be so different. Chemical analysis, tension, and hardness tests may not indicate the influence of some of the important processing factors that affect susceptibility to brittle fracture nor do they comprehend the effect of low temperatures in inducing brittle behavior.

X2. SUGGESTED METHODS FOR MEASURING THE POSITION OF THE CENTER OF STRIKE

X2.1 Position of the Center of Strike Relative to the Center of Gravity:

X2.1.1 Since the center of strike can only be marked on an assembled machine, only the methods applicable to an assembled machine are described as follows:

X2.1.1.1 The fundamental fact on which all the methods are based is that when the friction forces are negligible, the center of gravity is vertically below the axis of rotation of a pendulum supported by the bearings only (herein referred to as a free hanging pendulum). Paragraph A1.3 limits the friction forces in impact machines to a negligible value. The required measurements may be made using specialized instruments such as transits, clinometers, or cathometers. However, simple instruments have been used as described in the following to make measurements of sufficient accuracy.

X2.1.1.2 Suspend a plumb bob from the frame. The plumb line should appear visually to be in the plane of swing of the striking edge.

X2.1.1.3 Place a massive object on the base close to the latch side of the pendulum. Adjust the position of this object so that when back lighted, a minimal gap is visible between it and the pendulum. (See Fig. X2.1.)

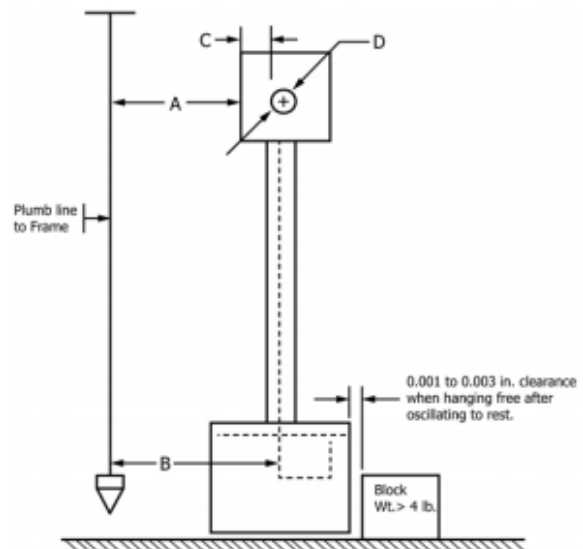


FIG. X2.1 Measurement of Deviation of Center of Strike from Vertical Plane through Axis of Rotation when Pendulum is Hanging Free

X2.1.1.4 With a scale or depth gage pressed lightly against the striking edge at the center of strike, measure the horizontal distance between the plumb line and striking edge. (Dimension *B* in Fig. X2.1.)

X2.1.1.5 Similarly, measure the distance in a horizontal plane through the axis of rotation from the plumb line to the clamp block or enlarged end of the pendulum stem. (Dimension *A* in Fig. X2.1.)

X2.1.1.6 Use a depth gage to measure the radial distance from the surface contacted in measuring *A* to a machined surface of the shaft which connects the pendulum to the bearings in the machine frame. (Dimension *C* in Fig. X2.1.)

X2.1.1.7 Use an outside caliper or micrometer to measure the diameter of the shaft at the same location contacted in measuring *C*. (Dimension *D* in Fig. X2.1.)

X2.1.1.8 Substitute the measured dimensions in the equation

$$X = A + C + D/2 - B \quad (\text{X2.1})$$

where:

X = deviation of the center of strike from a line from the center of rotation through the center of gravity.

X3. INSTRUCTIONS FOR TESTING NON-STANDARD SPECIMENS

X3.1 When testing non-standard size specimens (see Fig. A3.1), the specimen support height should be changed to ensure that the center of strike is maintained (see A2.3.4 and A2.3.7 for instructions). To comply with this change, new specimen supports can be manufactured or shims may be added to the specimen supports in a secure manner so that they do not interfere with the test.


X3.2 In order to maintain the center of strike requirements, the following procedure should be used when testing a non-standard specimen. The height of the specimen supports should be changed to ensure that the centerline of the non-standard

specimen will coincide with the centerline of the standard specimen. Higher specimen supports should be used when testing a sub-size specimen and lower specimen supports should be used when testing an oversized specimen.

X3.3 Determine the nominal height of the non-standard specimen. When testing sub-size specimens, subtract this value from the standard height specimens (10 mm). Divide this value by two. This amount shall be added to the standard specimen support height. For oversize specimens, the result of the subtraction is a negative number. Therefore, the thickness of the supports shall be reduced by the amount calculated.

REFERENCES

- (1) Nanstad, R. K., Swain, R. L. and Berggren, R. G., "Influence of Thermal Conditioning Media on Charpy Specimen Test Temperature," *Charpy Impact Test: Factors and Variables, ASTM STP 1072*, ASTM, 1990, pp. 195-210.
- (2) Tobler R. L. Et al., "Charpy Impact Tests Near Absolute Zero," *Journal of Testing and Evaluation*, Vol 19, 1 1992.
- (3) Wullaert, R. A., Ireland, D. R., and Tetelman, A. S., "Radiation Effects on the Metallurgical Fracture Parameters and Fracture Toughness of Pressure Vessel Steels," *Irradiation Effects on Structural Alloys for Nuclear Reactor Applications, ASTM STP 484*, ASTM, 1970, pp. 20-41.
- (4) Sovak, J. F., "Correlation of Data from Standard and Pre-cracked Charpy Specimens with Fracture Toughness Data for HY-130, A517-F, and HY-80 Steel," *Journal of Testing and Evaluation*, JTEVA, Vol 10, No. 3, May 1982, pp. 102-114.
- (5) Succop, G. and Brown, W. F., Jr., "Estimation of K_{Ic} from Slow Bend Pre-cracked Charpy Specimen Strength Ratios," *Developments in Fracture Mechanics Test Methods Standardization, ASTM STP 632*, W. F. Brown, Jr., and J. G. Kaufman, Eds., ASTM, 1977, pp. 179-192.
- (6) Tauscher, S., "The Correlation of Fracture Toughness with Charpy V-notch Impact Test Data," Army Armament Research and Development Command, Technical Report ARLCB-TR-81012, 1981.
- (7) Wullaert, R. A., Ireland, D. R., and A. S. Tetelman, "Use of the Pre-cracked Charpy Specimen in Fracture Toughness Testing," *Fracture Prevention and Control*, pp. 255-282.
- (8) Barsom, J. M. and Rolfe, S. T., "Correlations Between K_{Ic} and Charpy V-notch Test Results in the Transition-Temperature Range," *Impact Testing of Metals, ASTM STP 466*, ASTM, 1970, pp. 281-302.
- (9) Mikalac, S., Vassilaros, M. G., and H. C. Rogers, "Pre-cracking and Strain Rate Effects on HSLA-100 Steel Charpy Specimens," *Charpy Impact Test: Factors and Variables, ASTM STP 1072*, J. M. Holt, Ed., ASTM, 1990, pp. 134-141.
- (10) Sharkey, R. L. and Stone, D. H., "A Comparison of Charpy V-notch, Dynamic Tear, and Pre-cracked Charpy Impact Transition-Temperature Curves for AAR Grades of Cast Steel," *Journal of Engineering for Industry* 98, Issue 2, May 1976, pp. 446-452.

 **E23 – 12c**

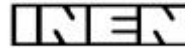
ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the Copyright Clearance Center, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>

ANEXO B: NORMA INEN 130

CDU: 620.178.7
ICS: 77.040.10



CIU: 3710
MC 01.02-310

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	ENSAYO DE IMPACTO CHARPY PARA ACERO (ENTALLE EN U).	NTE INEN 130 1976-03
1. OBJETO		
<p>1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método para el ensayo de impacto Charpy sobre probeta entallada en U, para todos los productos de acero.</p>		
2. TERMINOLOGIA		
<p>2.1 Probeta. Es una porción de material debidamente preparada para el ensayo de impacto Charpy.</p>		
3. SIMBOLOGIA		
<p>3.1 En el contenido de esta norma se utilizan los símbolos establecidos, en la tabla 1.</p>		
TABLA 1. Símbolos y designaciones		
Número (a)	Símbolo	DESIGNACION
1	-	Longitud de la probeta.
2	a	Espesor de la probeta.
3	b	Ancho de la probeta.
4	-	Ancho de la probeta en el punto de entalle.
5	-	Profundidad del entalle.
6	-	Radio de curvatura del fondo del entalle.
7	L	Distancia entre los apoyos.
8	-	Radio de la curvatura de los soportes.
9	-	Inclinación de los soportes.
10	-	Angulo de punta del martillo.
11	-	Radio de curvatura de la punta del martillo.
12	So	Arca de la sección transversal de la probeta en la zona del entalle.
	KCU	Resistencia al impacto.
<p>(a) Estos números corresponden a los elementos numerados en la figura 1 del Anexo B.</p>		
4. FUNDAMENTO		
<p>4.1 Se rompe la probeta entallada en U mediante un solo golpe del martillo oscilante de la máquina de ensayo. Se determina la energía absorbida y, a partir de ésta, se obtiene la resistencia al impacto.</p>		
<i>(Continúa)</i>		
<p>DESCRIPTORES: Mecánica, acero, ensayo, impacto Charpi.</p>		

5. INSTRUMENTAL

5.1 Máquina de ensayo, con las características establecidas en la tabla 2.

TABLA 2. Características de la máquina de ensayo

DESIGNACION	Número	Dimensiones
Distancia entre los apoyos	7	+0,5 40- 0 mm
Radio de la curvatura de los soportes	8	del a 1,5 mm
Inclinación de los soportes	9	1 : 5
Angulo de la punta del martillo	10	30°
Radio de la curvatura de la punta del martillo	11	de 2 a 2,5 mm
Velocidad del martillo en el momento del ensayo	-	de 4,5 a 7 m/s

Estos números corresponden a los elementos numerados en la figura 1 del Anexo B.

5.1.1 La máquina de ensayo deberá tener una construcción rígida y estable, de forma que las pérdidas de energía (debido a traslación, rotación o vibración) en el armazón de la máquina, durante el ensayo, sean despreciables.

5.1.2 El plano de oscilación del martillo debe ser vertical.

5.1.3 El centro de percusión debe ser en el centro de impacto del martillo.

5.1.4 La máquina de ensayo deberá estar provista de un instrumento que permita lecturas con aproximación de $\pm 0,5\%$ de la capacidad máxima de impacto.

5.1.5 La energía de la máquina utilizada para el ensayo en los casos de arbitraje, deberá ser 30 ± 1 kgf.m(294 ± 10 J) (ver nota 1).

6. PREPARACION DE LA PROBETA

6.1 La probeta deberá ser maquinada por todos sus lados y deberá tener las dimensiones establecidas en la tabla 3 (ver figura 2).

NOTA 1. El ensayo puede ser realizado utilizando diferentes energías en la máquina de ensayo. En este caso se deberá anotar un índice que indique la energía utilizada (ver Anexo A.1.1).

(Continúa)

TABLA 3. Dimensiones de la probeta

DESIGNACION	Símbolo	Número(a)	Dimensión nominal	Tolerancias de maquinado
Longitud	-	1	55 mm	$\pm 0,60$ mm(ISO j 15)
Espesor	a	2	10 mm	$\pm 0,11$ mm(ISO j 13)
Ancho	b	3	10 mm	$\pm 0,11$ mm(ISO j 13)
Profundidad del entalle*	-	5	5 mm	$\pm 0,09$ mm(ISO j 13)
Radio de la curvatura del fondo del entalle.	-	6	1 mm	$\pm 0,07$ mm (ISO j 13)
Distancia del centro del entalle a los extremos de la probeta	-	-	27,5 mm	$\pm 0,42$ mm(ISO j 15)
Angulo entre el plano de simetría del entalle y el eje longitud de la probeta.	-	-	90°	$\pm 2^\circ$

*En caso de existir una profundidad diferente, se deberá usar un índice que identifique la profundidad utilizada (ver Anexo A.1.2).
(a) Estos números corresponden a los elementos numerados en la figura 1 del Anexo B.

6.1.1 El entalle podrá ser hecho por cualquier proceso de maquinado que permita un acabado liso. Se deberá tener cuidado de eliminar cualquier surco o ranura que pueda haberse formado en el fondo del entalle.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Posición de la probeta

7.1.1 Colocar la probeta a escuadra sobre los soportes. El plano de simetría del entalle deberá coincidir con el plano medio .entre los soportes dentro de una tolerancia de 0,5 mm.

7.2 Impacto

7.2.1 Accionar la máquina de ensayo, de manera que el martillo golpee la probeta en el plano de simetría del entalle y sobre la cara opuesta a la que la contiene.

7.3 Temperatura

7.3.1 El ensayo deberá realizarse ala temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

(Continúa)

8. CÁLCULOS

8.1 La resistencia al impacto se determina por la fórmula siguiente:

$$KCU = \frac{\text{Energía absorbida (en kgf} \cdot \text{m)}}{S_0}$$

Donde:

- KCU = resistencia al impacto, en kgf.m (J).
S₀ = área de la sección transversal de la probeta en la zona del entalle, en cm².

9. INFORME DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

9.1 En el informe deberán constar los datos siguientes:

- a) Tipo de la máquina de ensayo utilizada.
- b) Valor de la energía utilizada.
- c) Velocidad del martillo en el momento del impacto.
- d) Datos para identificar el material del que fue extraída la probeta.
- e) Temperatura del ensayo.
- f) Resistencia al impacto (KCU), en kgf. m/cm² (J/cm²).
- g) Apariencia de la fractura.
- h) La indicación *'no fracturada totalmente'*, en el caso de que la probeta se haya deslizado entre los apoyos sin romperse.
- i) En el caso de que la probeta haya absorbido toda la energía del martillo sin fracturarse y sin deslizarse entre los rodillos, el informe dirá: "Probeta no rota por x (KCU) kgf.m/cm² (J/cm²)".

(Continúa)

ANEXO A

A.1 Determinación de la resistencia al impacto con probetas y energía no normalizadas

A.1.1 Cuando se utilizan máquinas de ensayo con diferente energía que la especificada de 30 kgf . m el valor KCU debe ir acompañado con un índice que indique la energía utilizada.

A.1.2 Cuando se utilizan en el ensayo probetas con entalle de profundidad diferente a la especificada de 5 mm, el valor KCU debe ir acompañado de un índice que indique la profundidad utilizada.

Ejemplos:

KCU 10/3 indica que el ensayo ha sido realizado por una máquina utilizando una energía de 10 kgf . m sobre una probeta con entalle de 3 mm de profundidad.

KCU 30/3 indica que el ensayo ha sido realizado por una máquina utilizando la energía standard sobre una probeta con entalle de 3 mm de profundidad.

(Continúa)

ANEXO B

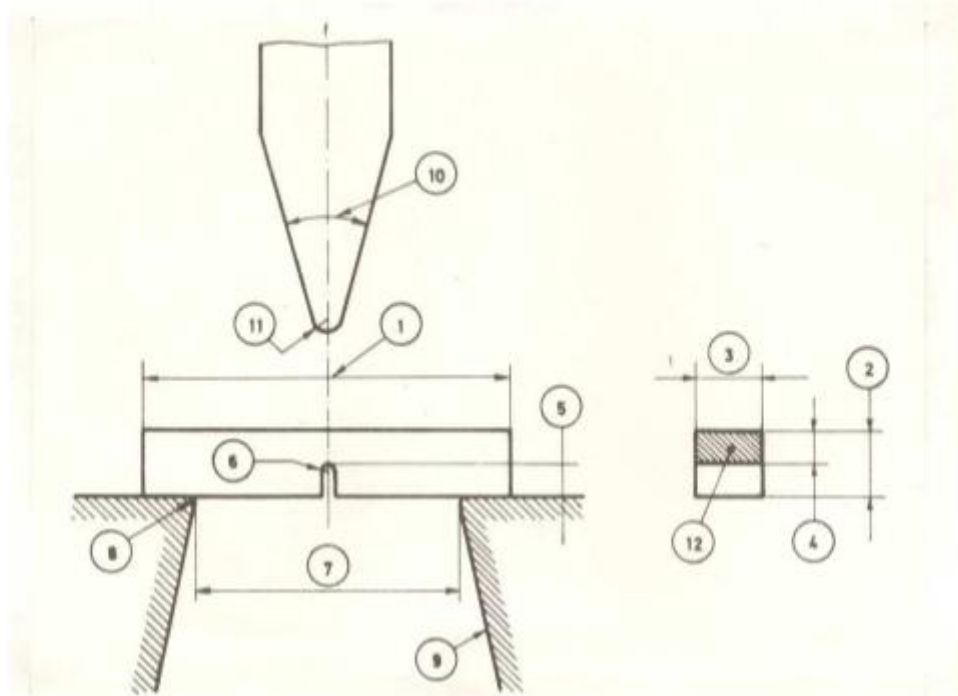


FIGURA 1. Ensayo de impacto de Charpy (Entalle en U)

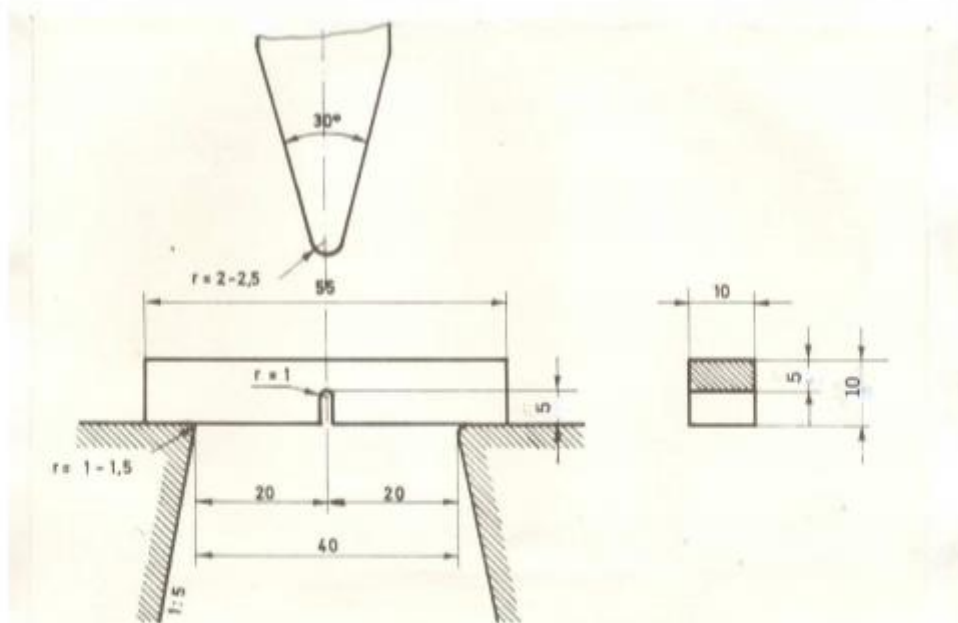


FIGURA 2 Probeta para el ensayo de impacto de Charpy

(Continúa)

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Recomendación ISO R 83. Charpy impact test (U- Notch) for steel. International Organization for Standardization. Ginebra, 1959.

Recomendación COPANT R 6. Ensayo de impacto sobre probeta simplemente apoyada con entalle en U para acero. Comité Panamericano de Normas Técnicas. Buenos Aires, 1962.

Norma Alemana DIN 50115. Testing of steel and cast steel; notched bar impact bending test Deutscher Normenausschuss. Berlín, 1966.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 130	TÍTULO: ENSAYO DE IMPACTO CHARPY PARA ACERO (ENTALLE EN U)	Código: MC 01.02-310
-----------------------------------	--	--------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de 1974-06-22 a 1974-08-07

La Dirección General del INEN, dispuso la elaboración de esta Norma de fundamental importancia para el desarrollo de la industria Metal-Mecánica.

Las bases de estudio de esta Norma han sido Normas Técnicas Internacionales que recogen el esta actual de la ciencia y la técnica, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación y la posibilidad de ser eficazmente utilizada en el país.

Subcomité Técnico:

Fecha de iniciación:

Integrantes del Subcomité Técnico:

Fecha de aprobación:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Otros trámites: ♦⁴ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20

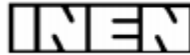
El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1973-03-17

Oficializada como: Obligatoria
Registro Oficial No. 111 del 1976-06-18

Por Acuerdo Ministerial No. 761 de 1976-06-02

ANEXO C: NORMA INEN 1502

CDU: 624-69-1/9
CIIU: 5000



FD 01.02-301

Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	VERIFICACIÓN DE MAQUINAS DE PRUEBA	INEN 1 502 1990-10
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece cuatro procedimientos aplicables a la verificación de máquinas de prueba, que han sido diseñadas para medir cargas; estos procedimientos involucran el empleo de dispositivos de calibración verificados; no cubren la verificación de otras máquinas como las de tipo de velocidad constante de carga que operan con el principio del plano inclinado (ver nota 1).</p> <p>1.1.1 Verificación de la carga indicada por la máquina utilizando taras verificadas.</p> <p>1.1.2 Verificación de la carga indicada por la máquina, utilizando palancas de pruebas verificadas.</p> <p>1.1.3 Verificación de la carga indicada por la máquina, utilizando balanzas de brazos iguales y taras verificadas.</p> <p>1.1.4 Verificación de la carga indicada por la máquina, utilizando dispositivos elásticos de calibración.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica básicamente en la verificación de escalas permanentes calibradas. También puede aplicarse con resultados satisfactorios en la normalización de un sinnúmero de dispositivos para el trazado de gráficas, acoplados a diversas máquinas de prueba empleadas para medir cargas. No es aplicable a la verificación de la elongación, indicada por los dispositivos acoplados para el efecto en muchas máquinas de prueba.</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Máquina de prueba para medir cargas. Es un dispositivo mecánico para aplicar cargas (fuerzas) a una probeta. Usualmente la magnitud de la carga puede cambiarse a voluntad del operador. Muchas máquinas de prueba están diseñadas para medir la carga, pero este no siempre es el caso, especialmente en las máquinas para ensayos de impacto y para determinar la ductilidad.</p> <p>3.2 Máquinas para prueba de tensión aplicando carga con velocidad constante de desplazamiento del cabezal. Es un dispositivo mecánico que se utiliza para aplicar unas cargas (fuerzas) a una probeta; dicho mecanismo se encuentra equipado para efectuar la medida de la fuerza aplicada, utilizando un péndulo.</p> <p>3.3 Carga. Cuando se trata de una máquina de prueba, se refiere a la medida de la fuerza aplicada, expresada en kilogramos fuerza. Kilogramo fuerza es aquel que al actuar sobre un kilogramo masa le imprime aceleración de 980.665 cm/s^2.</p> <p>NOTA 1. Estos procedimientos no son para complementar las especificaciones de compra de las máquinas de prueba.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: materiales de la construcción, equipos, verificación</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Casilla 17-01-3999 - Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro - Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

3.4 Exactitud. Es la similitud entre la carga real aplicada y la expresada por el mecanismo de medición de la máquina. Se dice que una máquina de prueba es exacta, cuando la carga indicada por sus mecanismos de medición se encuentra dentro de las tolerancias especificadas, con respecto a la carga real aplicada.

En este método de palabra exactitud se aplica, en lo referente a máquinas de ensayo para ser usado dentro de valores numéricos, por ejemplo "para el desarrollo de la investigación se utiliza una máquina exacta". Así mismo al referirse a una máquina de prueba no deben confundirse los términos "exactitud" y "sensibilidad", por ejemplo: una máquina de prueba que puede ser muy sensible, o sea, que indique pequeños cambios de carga de manera muy rápida y definida, puede sin embargo ser inexacta. Así mismo, puede decirse que la exactitud de los resultados se encuentra limitada generalmente por la sensibilidad.

3.5 Error. Cuando se trata de una máquina de prueba se refiere al valor que se obtiene restando el valor indicado por el dispositivo de calibración, al valor indicado por la máquina de prueba.

La palabra "error" debe aplicarse haciendo mención de valores numéricos, por ejemplo: si se lee en el indicador de la máquina 40 000 kg y en el dispositivo de calibración 40 600 kg el error es de - 600 kg.

3.6 Porcentaje de error. Cuando se trata de una máquina de prueba, es la relación expresada por porcentaje entre el error y el valor exacto de la carga medida.

Para calcular el porcentaje de errores se emplea la fórmula siguiente:

$$E = \frac{e}{p} \times 100$$

En donde.

E = error expresado en porcentaje

e = error en kilogramos

p = valor exacto de la carga medida, en kilogramos

3.7 Corrección. Cuando se trata de una máquina de prueba se refiere al valor que se obtiene restando el valor unitario por la máquina, el valor exacto de la cantidad medida.

La corrección es de la misma magnitud que el error, para el signo contrario. Se recomienda que no se hagan correcciones en máquinas probadas, en las cuales se encontraron errores dentro de las tolerancias establecidas en esta norma.

3.8 Tolerancia. Cuando se trata de una máquina de prueba, es el error máximo permisible en el valor de la carga indicada por la máquina. Los valores de la tolerancia deben expresarse en porcentaje de error. El valor numérico de la tolerancia de una máquina de prueba se indica en esta norma.

3.9 Capacidad de carga. Cuando se trata de una máquina de prueba, se refiere a la carga máxima para la cual ha sido diseñada. Algunas máquinas de prueba tienen más de una capacidad de carga.

3.10 Intervalo de carga. Cuando se trata de una máquina de prueba se refiere al intervalo en el cual las cargas indicadas por la máquina se registran dentro de la tolerancia especificada.

(Continúa)

4. EQUIPOS

4.1 Dispositivos de calibración. Para efectuar la verificación de máquinas de prueba deben emplearse dispositivos de calibración que cumplan con los requisitos de la Norma INEN 1 503.

5. CONDICIONES GENERALES

5.1 Ventajas y limitaciones del método

5.1.1 Verificación de máquinas con taras verificadas o patrones de medida. Este procedimiento es el más preciso de los que se pueden aplicar en aquellos casos en que es posible llevarlo a cabo.

La comprobación se efectúa colocando taras previamente verificadas directamente sobre los mecanismos de pesaje de la máquina de prueba. Las limitaciones de éste procedimiento son:

- a) el rango de cargas que puede cubrirse es muy pequeño,
- b) es difícil el traslado de una cantidad muy grande de patrones de medidas,
- c) no es posible llevarlo a cabo en las máquinas de prueba que aplican la carga en dirección horizontal, si en las máquinas de prueba que aplican la carga en dirección vertical, cuyo sistema para medir la carga no ha sido diseñado para reaccionar a la acción de una fuerza dirigida hacia abajo

5.1.2 Verificación de máquinas con palancas de pruebas verificadas. Es el segundo método de comprobación y en él se involucra el uso de un par de palancas de pruebas normalizadas. Las limitaciones de éste método son las mismas que se tienen cuando se utilizan taras verificadas, aún cuando el rango de carga que puede cubrirse es mucho mayor, no obstante lo cual, no es lo suficientemente grande como para cubrir la capacidad de carga en la mayor de las máquinas de prueba.

5.1.3 Verificación de máquinas con balanza de brazos iguales y taras verificadas. Es el tercer método para la comprobación de máquinas de prueba. En él se involucra el uso de balanzas de brazos iguales y taras verificadas para medir la carga. La aplicación de éste método se encuentra limitada por el intervalo de cargas que pueden cubrirse, que es menor aún que el que puede abarcarse con cualquiera de los métodos descritos anteriormente; por lo cual, por lo general se aplica solamente en la verificación de algunos tipos de máquinas para prueba de dureza. En estas máquinas, la aplicación de cargas se hace a través de un sistema interno de palancas.

5.1.4 Verificación de máquinas con dispositivos elásticos de calibración. Este cuarto método de verificación, está basado en la medida de la deformación elástica o de la flexión producida al aplicar cargas sobre anillos circulares, anillos de perfil no circular, barras de tensión o compresión, o sobre algún otro dispositivo elástico. Este método de verificación no tiene las limitaciones que restringen la aplicación de los métodos 5.1.1 y 5.1.3.

(Continúa)

6. CONDICIONES ESPECÍFICAS

6.1 Correcciones por diferencias de la gravedad

6.1.1 Cuando se efectúa la verificación de máquinas de prueba aplicando cualquiera de los procedimientos indicados en 5.1.1; 5.1.2 y 5.1.3; en los cuales se utilizan taras verificadas aplicadas de manera directa, o bien a través de palancas o de balanzas de brazos iguales, debe efectuarse la corrección de la carga aplicada considerando la influencia ejercida por la gravedad local y por la densidad del aire, calculando la carga que se está aplicando con una tara verificada, utilizando la siguiente ecuación:

$$P = M \left(\frac{g}{980665} - 0.00014 \right)$$

En donde:

- P = Carga, en newtons (en kilogramos)
- M = masa aparente de las taras al ser verificadas con pesas patrón de bronce en la atmosfera normal, en kg
- g = valor de la gravedad local, en cm/s^2

6.1.2 El principio común bajo el cual se efectúa la certificación de taras, es la determinación de la masa aparente por comparación con pesas patrón de bronce, en atmósfera normal.

6.1.3 Los valores de la gravedad local de varias ciudades, pueden obtenerse en el Instituto Geográfico Militar. También puede consultarse la Norma INEN 1 503. El valor conocido de la gravedad local debe ser expresado en lo posible con una aproximación de $0,1 \text{ cm/s}^2$.

6.2 Método para efectuar la aplicación de carga

6.2.1 La aplicación de la carga en la verificación de una máquina de prueba, debe hacerse incrementando la carga lentamente a partir de una carga menor que las cargas que se requieran verificar.

6.2.1.1 Los errores que se observan en cualquier máquina de prueba pueden no ser coincidentes, cuando se efectúa la verificación de una misma carga de prueba, procediendo primero a incrementar la carga a partir de una carga menor y posteriormente haciendo que la carga disminuya a partir de una "carga mayor".

6.2.1.2 Esta falta de coincidencia se presenta generalmente en aquellas típicas máquinas en que el dispositivo indicador de carga es activado por tubos de "Bourdón", indicadores hidráulicos o de presión de vapor, o por cualquier otro dispositivo indicador de carga cuyo funcionamiento depende de las propiedades elásticas de algún material. Esto se aprecia frecuentemente, en las máquinas de prueba en que la medida de la carga se hace midiendo de manera directa la presión generada dentro de un gato hidráulico.

6.2.1.3 Como las máquinas de prueba se utilizan generalmente para la aplicación de cargas en orden creciente, la calibración se efectúa aplicando cargas de manera similar, sin embargo; cuando una máquina de prueba se utiliza para el registro de cargas en orden descendentes, la calibración debe efectuarse haciendo decrecer las cargas al efectuar las lecturas de comprobación.

(Continúa)

6.3 Selección de las cargas de prueba

Al efectuar la verificación de una máquina de prueba, deben aplicarse un mínimo de cinco cargas de prueba, de magnitud diferente en cada uno de los rangos de carga de la máquina, excepto en el caso de aquellas máquinas que han sido diseñadas para efectuar la medición de un número de cargas definido, menor al que aquí se especifica, como en el caso de ciertos tipos de máquinas, para pruebas de dureza. La diferencia entre cualquiera de dos cargas sucesivas, no debe exceder de un tercio de la diferencia entre la máxima y la mínima carga de prueba.

Cuando se desea establecer el límite inferior de un intervalo de carga más bajo del diez por ciento de su capacidad, la verificación del límite inferior debe efectuarse aplicando un mínimo de cinco cargas de prueba de magnitud aproximadamente iguales, ninguna de las cuales debe diferir en más del cinco por ciento de la carga menor que se aplique.

6.4 Aplicación de cargas excéntricas

Al efectuar una calibración, con el propósito de determinar en qué intervalos de carga puede trabajar satisfactoriamente una máquina de prueba, deben aplicarse las cargas de calibración, de tal modo que la dirección de la resultante de cada una de las cargas que se apliquen, coincida tanto como sea posible, con la dirección y posición del eje de la unidad de carga de la máquina. El efecto que produce en una máquina de prueba la aplicación de cargas excéntricas, puede ser determinado efectuando lecturas de calibración, utilizando palancas de prueba o dispositivos elásticos de calibración, colocados de tal forma, que la carga resultante se aplique a distancias definidas con respecto al eje de la máquina, analizando posteriormente los resultados obtenidos para conocer el grado de excentricidad, en el cual el intervalo de carga de tal máquina trabaja satisfactoriamente. Debe tenerse en cuenta en *aquellas máquinas de prueba en que la lectura de la carga depende directamente de la presión hidrostática ejercida en un cilindro acoplado por un pistón, el efecto que se produce cuando se aplican dichas cargas deben ser analizadas.*

6.4.1 Al establecer el rango de carga, en ningún caso se debe considerar la inclusión de cargas inferiores al 15% de la capacidad total del rango.

6.4.2 Exceptuando las indicaciones específicas que se dan en el numeral 7, se deben satisfacer los demás requerimientos que se marcan en ésta norma.

6.4.3 Procedimientos. Existen dos procedimientos alternos de verificación (ver numeral 7.3) que pueden ser aplicados, seleccionados cualquiera de ellos, o aplicando los dos procedimientos de verificación de acuerdo a los requerimientos especificados para los materiales que deben ser probados, a las recomendaciones del fabricante de la máquina de prueba, o a otras consideraciones pertinentes.

6.4.3.1 Para la verificación se colocan las taras, cuyo diseño, acabado y ajuste deben ser adecuados, sobre la plataforma de pesaje de la máquina de prueba o sobre los soportes suspendidos del mecanismo de medición de carga, en lugar de un espécimen.

6.4.3.2 Deben utilizarse solamente taras que hayan sido verificadas dentro de un período menor a cinco años y que se encuentren dentro del límite de error de 0,1%, marcado para este tipo de taras. La colocación de las taras sobre la plataforma de pesaje debe ser simétrica con respecto a dicha plataforma, con el objeto de que el centro de gravedad de la carga coincida con la vertical que pasa por el centro de la plataforma. La aplicación de las taras se hace primeramente en orden creciente y se remueve después siguiendo el orden inverso.

(Continua)

6.4.3.3 Debe elaborarse un registro de las cargas aplicadas y de las cargas indicadas por la máquina, para cada una de las máquinas de prueba que se apliquen; así como de los errores y porcentajes excéntricos de mayor consideración cuando el pistón trabaja en la posición de avance máximo fuera del cilindro.

7. METODOS DE VERIFICACION

7.1 Verificación con taras verificadas

Al efectuar la verificación en máquinas de prueba que tienen cabezales que se desplazan a velocidades constantes y que están dotadas de sistemas indicadores de carga del tipo de péndulo, con capacidades de 100 kg ó menores, deben seguirse procedimientos especiales para efectuar una valoración correcta de los efectos producidos por fricción, inercia y otras causas. Las máquinas de éste tipo aplican la carga en dirección vertical, por lo cual pueden ser verificadas empleando taras verificadas cuando se trata de máquinas para pruebas de tensión, dotadas de sistemas indicadores de carga del tipo de péndulo en los cuales la aplicación de carga se hace en dirección horizontal. No puede efectuarse la verificación empleando taras verificadas de manera directa. En esos casos, pueden utilizarse dispositivos similares a las palancas de prueba, balanzas de brazos iguales o dispositivos elásticos de calibración, teniendo en cuenta las precauciones que se indican a continuación:

7.1.1 La verificación de las máquinas de prueba de tensión, debe efectuarse aplicando cuando menos cinco cargas de prueba de magnitud diferente en cada uno de los rangos de carga de la máquina. La diferencia que existe entre el valor de dos cualesquiera de las cargas que se apliquen sucesivamente, no deben ser mayor de un tercio de la diferencia que exista entre los valores de las cargas mínima y máxima de prueba que se apliquen de error calculados en base a los datos anotados.

7.1.2 El método de verificación por aplicación directa de taras verificadas, solamente puede ser utilizado para la comprobación de las máquinas de prueba verticales en que la presión que se ejerce sobre el bloque de carga, en el soporte hidráulico, o sobre cualquier otro sistema de pesaje, es hacia abajo.

7.1.2.1 La carga total que se puede aplicar se encuentra limitada por el tamaño de la plataforma y por el número de taras disponibles. Se ha encontrado que las taras de 25 kg pueden ser empleadas convenientemente para este tipo de verificación. Este método está destinado básicamente a la verificación de máquinas de pruebas pequeñas en las que generalmente se aplican cargas menores de 1 000 kg.

7.1.3 *Alternativas de verificación*

7.1.3.1 Procedimientos con los soportes de fijación del dispositivo de medición fuera de operación:

- a) La verificación de la máquina debe efectuarse en condiciones similares a las que se les somete durante su trabajo normal, con todos sus aditamentos y mecanismos para el trazado de gráficos, operando tal como lo hace durante el desarrollo de una prueba, excepto que los soportes de fijación o cualquier otro mecanismo de fijación del sistema de pesaje, los cuales deben ser puestos en posiciones tales que queden fuera de operación.

(Continúa)

Durante la verificación se aplica la carga de prueba y se hace oscilar muy suavemente el péndulo para minimizar el efecto de la fricción, con el propósito de asegurarse de que la fuerza producida por la carga de prueba que se aplica, se encuentran en equilibrio con la fuerza ejercida por el péndulo.

- b) Se debe efectuar un examen del funcionamiento de la máquina, para determinar si existe alguna fricción o mal funcionamiento en los mecanismos de pesaje, de indicación de carga o trazado de gráficas, y hacer una estimación de los efectos que produce, en términos de las unidades en que se calibra la máquina. Para determinar estos efectos se deben seguir los procedimientos que se indican en 10.3.2.

7.1.3.2 Procedimientos con los soportes de fijación del dispositivo de medición en operación

La verificación de la máquina debe efectuarse en las condiciones bajo las cuales trabaja normalmente, con todos los accesorios y mecanismos para el trazado de gráficos en operación, tal como si fuesen a ser utilizados en el desarrollo normal de una prueba. Durante la verificación, los soportes o mecanismos de fijación deben encontrarse en su posición normal de trabajo, mientras se aplica la carga de prueba. Se aplica la carga y después de que el péndulo alcanza su posición de reposo, se desconectan los soportes o mecanismos de fijación, si los hay, y se presiona el péndulo ligeramente haciendo que se mueva en forma tal, como si la carga decreciera aproximadamente un 5% de la capacidad del rango.

A continuación se conectan los soportes o mecanismos de fijación y se afloja la presión que se ejerce sobre el péndulo, muy suavemente, permitiéndole que se mueva con una velocidad aproximadamente igual a la de su desplazamiento normal durante la ejecución de la prueba. El punto en el que, bajo las condiciones señaladas, entra en reposo el sistema, se considera como la carga indicada por la máquina.

7.2 Verificación de palancas de prueba

7.2.1 Palancas. En la figura 1 se muestra la disposición típica de las palancas que se emplean en la verificación de las máquinas de prueba. Las dos palancas descansan en soportes que se colocan sobre el bloque de carga de la máquina de prueba.

Estos soportes deben moverse con facilidad en una dirección horizontal, para asegurar que las cuchillas u otros soportes, queden alineados de manera aproximadamente vertical. Las cuchillas interiores de cada palanca deben apoyar contra un soporte adecuado colocado en el cabezal de la máquina de prueba. Los portapesas y los platillos se suspenden de las cuchillas exteriores de las palancas y en ellos se colocan las taras verificadas. Para la verificación deben utilizarse solamente taras que hayan sido verificadas dentro de un período menor de tres años y que se encuentren dentro de la tolerancia de 0,02%.

El incremento de carga que se provoca en la máquina de prueba al aplicar las taras verificadas, es igual a la carga ejercida por las taras verificadas multiplicada por la relación de palanca M/N (ver figura 1). Cuando se trata de máquina de prueba que tiene un soporte hidráulico, o cualquier otro sistema de pesaje en el cabezal, en las cuales la fuerza ejercida durante la prueba presiona hacia arriba contra el cabezal en vez de hacia abajo contra el bloque de carga, la relación de palancas es $(M/N)/N$ (ver figura 1).

(Continúa)

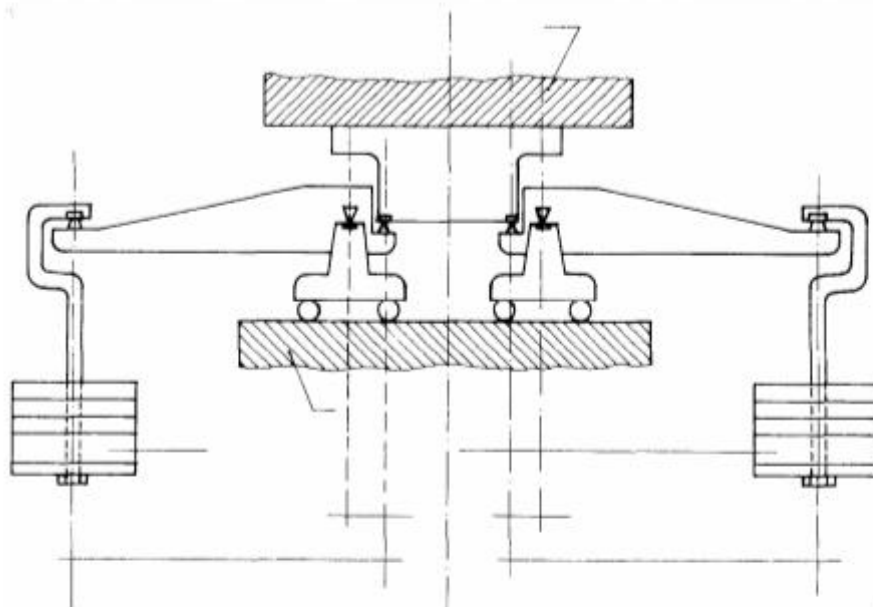


FIGURA 1. Palanca de prueba.

7.2.2 Procedimiento. Se coloca las palancas de prueba sobre la máquina que deba ser verificada, de tal modo que la resultante de las cargas que se apliquen sea coincidente con la línea vertical que pasa con el centro del bloque de carga. Se debe procurar que después de efectuar la aplicación de cada incremento de carga, las palancas sean mantenidas en una posición tan horizontal como sea posible, valiéndose del cabezal móvil de la máquina de prueba.

Se procede primero a balancer el mecanismo indicador de cargas de la máquina, con las palancas colocadas en posición horizontal y los porta pesas y platillos vacíos. A continuación se aplican (o se quitan) sobre los platillos o porta pesas de las palancas, incrementos de masas, colocando (o quitando) la mitad de cada incremento que se apliquen sobre cada uno de los platillos, en ambas palancas.

La colocación de las taras sobre los platillos o porta pesas deben hacerse simétricamente, tratando de que el centro de gravedad de las taras quede tan cerca como sea posible del centro de gravedad del platillo o portacargas. Se debe elaborar un registro de las cargas de prueba aplicadas y de las cargas indicadas por la máquina que incluya los errores y porcentajes de error calculados en base a los valores anotados.

El empleo de palancas de prueba verificadas, involucra el uso de palancas de brazos no rectos y acampanados. Este tipo de palancas requiere la aplicación de un método especial para la determinación de la relación de palanca. La capacidad máxima de carga de las palancas de prueba para la verificación de máquinas verticales, es hasta de 20 000 kg.

7.3 Verificación con balanzas de brazos iguales y taras verificadas

7.3.1 Procedimiento

(Continúa)

7.3.1.1 Se coloca la balanza de tal manera, que el penetrador de la máquina para prueba de dureza, que se desea calibrar, se apoye sobre un soporte sólido colocado en el centro de uno de los platillos de la balanza de brazos iguales; la balanza debe estar en equilibrio cuando el penetrador se halle en aquella porción de su recorrido que ocupa normalmente al hacer una identificación o huella. A continuación se colocan en el platillo opuesto las taras verificadas con las que se balancea la carga aplicada por el penetrador.

Este método puede ser empleado también en la verificación de máquinas de prueba diferentes de las máquinas para prueba de dureza, efectuando la colección del elemento que aplica la carga de manera similar a la forma en que se coloca el penetrador de las máquinas de prueba de dureza, sobre el platillo de la balanza.

7.3.1.2 En las máquinas para prueba de dureza el desplazamiento permisible del penetrador es muy reducido, por lo cual debe evitarse que la balanza oscile o gire. En virtud de lo anterior, al efectuar la verificación se debe mantener en equilibrio la balanza y colocarle un dispositivo indicador que puede ser accionado por un contacto eléctrico, para señalar cuando la reacción del penetrador es suficiente para levantar el platillo que contiene las taras verificadas.

7.3.1.3 Se requiere que, utilizando pesas fraccionarias, se haga la determinación del valor máximo de la masa muerta que puede ser levantada cargando con el penetrador de la máquina, durante cada una de las diez determinaciones sucesivas que deben hacerse; así como el valor mínimo que no puede ser levantado durante otro número de determinaciones. El promedio de los valores que se obtengan se debe considerar como la carga de penetración, siempre y cuando la diferencia que se registre entre los dos valores no sea mayor de 0,5% del valor promedio.

7.4 Verificación con dispositivos elásticos de calibración

7.4.1 *Definición de dispositivo elástico de calibración para la verificación de máquinas de prueba.* Es uno o varios elementos elásticos sobre los que se debe aplicar la carga, que trabaja en combinación con dispositivos o mecanismos que indican la magnitud (o la cantidad proporcional de la magnitud) de la deformación producida en los elementos elásticos, por la acción de la carga aplicada.

7.4.2 *Estabilización de la temperatura.* Cuando se utiliza un dispositivo elástico de calibración para la verificación de una máquina de prueba, éste debe ser colocado cerca, o de preferencia en la máquina, el tiempo suficiente para que el dispositivo o la máquina tengan aproximadamente la misma temperatura antes de iniciar la verificación.

7.4.3 *Procedimiento.* Se coloca el dispositivo elástico en la máquina de prueba, de tal manera que su eje central coincida con la línea central de los cabezales o bloques de la máquina. En seguida se procede a balancerar la máquina, registrando la lectura cero sin aplicar la carga sobre el dispositivo elástico. A continuación se aplican las cargas con incrementos apropiados. Debe colocarse un registro donde se registren las cargas indicadas por la máquina, las cargas aplicadas calculadas a partir de las lecturas obtenidas en el dispositivo elástico, incluyendo el error y el porcentaje de error calculados en base a los datos obtenidos.

(Continúa)

8. INFORME DE RESULTADOS

8.1 Bases de la verificación

El porcentaje de error para las cargas que quedan comprendidas dentro del intervalo de carga de la máquina de prueba no debe ser mayor de $\pm 1,0$. Esto implica que en el informe de la verificación de una máquina de prueba debe quedar estipulado el rango de carga en que puede usarse, así como la aceptación o rechazo de la máquina.

8.2 Para establecer el límite inferior de un intervalo de carga por debajo del 10% de su capacidad total, en donde se requiere la aplicación de cinco cargas, la diferencia algebraica que existe entre el mínimo y el máximo porcentaje de error determinados, no debe ser mayor del 1%. Esto implica que para establecer el límite inferior de un intervalo de carga por debajo del 10% de la capacidad de dicho intervalo, los errores para las series de 5 lecturas que se efectúan, no deberán ser mayores del 1% entre dos errores. Esto es, si en una serie el error mínimo determinado es -1% , el error máximo no puede exceder de 0% : si el error mínimo es $-0,5\%$, el error máximo no podrá exceder de $+0,5\%$. Si el error mínimo determinado es 0% , el error máximo no podrá exceder de $+1\%$.

8.2.1 Al establecer el intervalo de carga, en ningún caso se deben incluir cargas cuyo valor sea menor a 100 veces el valor del cambio más pequeño de carga que pueda estimarse en el aparato indicador de la máquina de prueba, así como en ningún caso se deben incluir cargas aplicadas durante la prueba de verificación.

8.2.2 Lo anterior significa que en las máquinas de prueba, cuyas graduaciones se encuentran espaciadas tanto como para que pueda estimarse un décimo de división, el rango de carga no puede extenderse hacia abajo, tanto como para que incluya cargas menores de 10 divisiones.

Si las graduaciones de la escala pueden estimarse solamente hasta dos divisiones, el rango de carga no puede extenderse más bajo de la carga correspondiente a 200 divisiones. En la mayoría de las máquinas de prueba, el valor más pequeño de la carga que puede apreciarse se encuentra entre los valores de los dos ejemplos citados.

8.3 Correcciones

En ningún caso, deben efectuarse correcciones a las cargas indicadas por la máquina de prueba, ya sea efectuando cálculos o haciendo uso de la gráfica de calibración elaborada con los datos obtenidos en una verificación.

8.4 Intervalo de tiempo entre calibraciones

Las máquinas de prueba que se someten a uso intenso, deben ser verificadas a intervalos de seis meses y las máquinas que no se usen intensamente deben ser verificadas a intervalos no mayores de un año. Así mismo se debe efectuar la verificación de las máquinas de prueba inmediatamente después de que se efectúen reparaciones o ajustes en los mecanismos de pesaje, si existe alguna razón para dudar de la exactitud de los resultados, sin importar cuando se efectuó la última verificación.

(Continúa)

8.5 Informe

Cada vez que se efectúe la verificación de una máquina de prueba se debe elaborar un informe claro y completo, en el que se debe hacer mención al método de calibración aplicado, así como al número de serie y marca de fábrica de cada uno de los aparatos involucrados en el desarrollo de la verificación; también se debe indicar claramente cómo, por quién y cuando se efectuó la última certificación de los aparatos de calibración utilizados en la verificación de la máquina de prueba.

9. CERTIFICACION

9.1 La persona responsable de la verificación tiene que expedir y firmar un certificado en el cual se haga una descripción sintética de la máquina de prueba, se indique el número de serie de la misma, la marca de fábrica, la fecha en que se efectuó la verificación y el rango de carga dentro del cual se puede operar con la precisión requerida.

(Continua)

APENDICE Z**Z.1 NORMAS A CONSULTAR**

INEN 1 503 *Verificación de los dispositivos de calibración que se emplean en la verificación de máquinas de prueba.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

ASTM E 4 -72 *Verification of testing Machines.* American Society for Testing and Materials. Filadelfia, 1972.

N.O.M.R. - 32-1978. *Verificación de máquinas de prueba.* Dirección General de Normas. México, D. F., 1978.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1 502	TÍTULO: VERIFICACIÓN DE MAQUINAS DE PRUEBA	Código: FD 01.02-301
-------------------------------------	---	---------------------------------------

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo No. de publicado en el Registro Oficial No. de Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de

A pedido de la Dirección General, se elaboraron las normas de verificación de máquinas y dispositivos que se emplean en la verificación de máquinas de prueba, en vista que no existe interés en participar en un Subcomité Técnico, por parte de los sectores involucrados, se procedió a enviar a consulta a la Dirección Nacional de Pesas y Medidas, con esas observaciones se aprobó el documento, resolviendo enviarlo a Consejo Directivo para su aprobación con el carácter de obligatorio y emergente

Subcomité Técnico:

Fecha de iniciación:

Integrantes del Subcomité Técnico:

Fecha de aprobación:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Otros trámites: ♦⁵ Esta norma sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA-EMERGENTE a VOLUNTARIA**, según Resolución de Consejo Directivo de 1998-01-08 y oficializada mediante Acuerdo Ministerial No. 236 de 1998-01-08 publicado en el Registro Oficial No. 321 de 1998-05-20

El Consejo Directivo del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 1990-10-18

Oficializada como: **Obligatoria y de Emergencia** Por Acuerdo Ministerial No. 018 de 1991-01-09
Registro Oficial No. 629 de 1991-02-25

ANEXO D: MTR ACERO AISI 1040



CALIDAD
AISI 1040
ACERO PARA
MAQUINARIAS

Color de Identificación:

Blanco / Amarillo



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL MATERIAL

NORMAS EQUIVALENTES

AFNOR (Fr)	1C40
BS (Ing)	O80 A40
DIN (Alem)	11186
JIS (Jap)	S40C
UNI (Ital)	C40
Grado Thyssen	XC 40H1

RANGOS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA

CARBONO	AZUFRE	FÓSFORO	SILICIO	MANGANESO
C	S	P	Si	Mn
0.37 - 0.44	0.04 (Máx)	0.04 (Max)	0.15 - 0.35	0.60 - 0.90
CROMO	NIQUEL	MOLIBDENO	VANADIO	TUNGSTENO
Cr	Ni	Mo	V	W

CARACTERÍSTICAS GENERALES

- Es un Acero de construcción de medio carbono.
- Responde fácilmente al tratamiento térmico de endurecimiento mediante bonificado (temple y revenido), especialmente con temple en medios de alta severidad como el agua.
- Buena Maquinabilidad

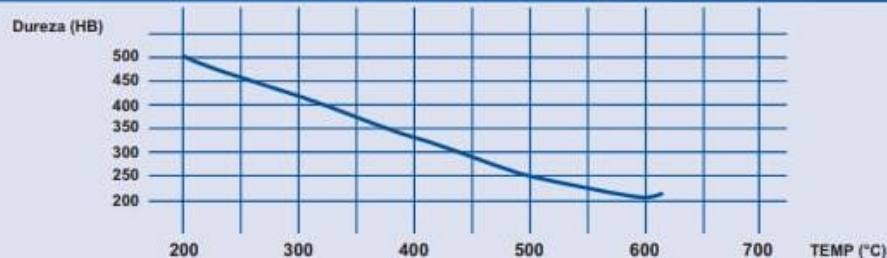
APLICACIONES

- Elementos de Maquinarias.
- En general, sus aplicaciones son similares a las del Acero AISI 1045.
- Ejes, engranajes, cigüeñales, espárragos, pernos, cadenas, etc.
- También se suele utilizar en piezas endurecidas superficialmente por inducción o llama oxiacetilénica.

TRATAMIENTO TÉRMICO DEL MATERIAL

TRATAMIENTO	TEMPERATURA °C	MEDIO DE ENFRIAMIENTO	DUREZA	
			RC	HBN
NORMALIZADO	870 – 890	AIRE		190 (Max)
RECOCIDO	840 – 860	HORNO		170 (Max)
TEMPLE	830 – 850	AGUA	58 (Max)	
REVENIDO	200 – 620		52 (Max)	228 (Max)
CEMENTACIÓN				

CURVA DE REVENIDO



ESTADO DE ENTREGA

www.sumindu.com

Natural o bonificado, durezas (ver certificado de calidad).
Laminado o Forjado, premaquinado según medidas.

ANEXO E: MTR ACERO A36



Ferrocortes
Soluciones con el acero

LAMINA CALIDAD ESTRUCTURAL ASTM A36 (A1011-10 SS36-2)

Características: Producto de la más avanzada ingeniería, es fabricado con un punto mínimo de cedencia de 36,000PSI. Más resistente que la placa A-283, la placa de acero - calidad estructural A-36 es ampliamente recomendable para diseñar y construir estructuras y equipo menos pesado.

El acero estructural A36 se produce bajo la especificación ASTM A36. Abrigando los perfiles moldeados en acero al carbono, placas y barras de calidad estructural para clavados, atornillados, o soldados de la construcción de puentes, edificios, y estructuras de diferente propósitos.

El acero estructural A36 o acero estructural con carbono, es hasta hace poco tiempo, el acero estructural básico utilizado más comúnmente en construcciones de edificios y puentes.

Composición Química:

PRODUCTO	VIGAS*	PLACAS**					BARRAS			
		3/4"	3/4" - 1 1/2"	1 1/2" - 2 1/2"	2 1/2" - 4"	Sobre 4"	3/4"	3/4" - 1 1/2"	1 1/2" - 4"	Sobre 4"
ESPESOR (in)	TODAS	3/4"	3/4" - 1 1/2"	1 1/2" - 2 1/2"	2 1/2" - 4"	Sobre 4"	3/4"	3/4" - 1 1/2"	1 1/2" - 4"	Sobre 4"
(mm)		Hasta 20mm	20mm a 40mm	40mm a 65mm	65mm a 100mm	Sobre 100mm	Hasta 20mm	20mm a 40mm	40mm a 100mm	Sobre 100mm
%C - máx.	0.26	0.25	0.25	0.26	0.27	0.29	0.26	0.27	0.28	0.29
%Mn - máx.	...	...	...	0.80-1.20	0.80-1.20	0.85-1.20	...	0.60-0.90	0.60-0.90	0.60-0.90
%P - máx.	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
%S	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
%Si	0.40 Max	0.40 Max	0.40 Max	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	0.40 Max	0.40 Max	0.40 Max	0.40 Max
% Cu - mín. cuando el cobre es especificado en el acero	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

*El contenido de manganeso de 0.85 a 1.35%, y el contenido de silicio de 0.15 a 0.40% es requerido en vigas por encima de 426lb/ft o 634kg/m. ** por cada reducción de 0,01% por debajo del máximo de carbono especificado, un aumento del 0,06% de manganeso por encima del máximo especificado se permitirá hasta un máximo de 1,35%

Soldabilidad:

Según la norma ASTM A36/A36M-8, cuando el acero vaya a ser soldado, tiene que ser utilizado un procedimiento de soldado adecuado para el grado de acero y el uso o servicio previsto. Por lo que se recomienda consultar el Apéndice X3 de la Especificación A 6/A 6M para obtener información sobre soldabilidad.

No obstante el acero A36 es conocido como un acero de fácil soldabilidad, por lo que se recomienda utilizar las siguientes tipos de soldaduras Lincoln Electric disponibles en Aceros Carazo: 6010, 6011, 6013, 7018, 7024, 308, 309, 312, 316, ER70S-6, ER70S-3, E71T-1.

NOTAS: Los valores expresados en las propiedades mecánicas y físicas corresponden a los valores promedio que se espera cumple el material. Tales valores son para orientar a aquella persona que debe diseñar o construir algún componente o estructura pero en ningún momento se deben considerar como valores estrictamente exactos para su uso en el diseño.



LAMINA CALIDAD ESTRUCTURAL ASTM A36 (A1011-10 SS36-2)

Requerimientos de tensión:

El acero A-36 tiene como esfuerzo de fluencia mínimo de 36ksi. Además, es el único acero que puede obtenerse en espesores mayores a 8 pulgadas, aunque estas placas como excepción, solo están disponibles con esfuerzo de fluencia mínimo inferior especificado, siendo este 32ksi.

Normalmente, el material de conexión se especifica como A-36, sin importar el grado de sus propios componentes primarios. El esfuerzo último de tensión de este acero varía de 58ksi a 80 ksi; para cálculos de diseño se utiliza el valor mínimo especificado.

Propiedades mecánicas:

Requerimientos a tensión*		
Láminas, Vigas* y barras	Ksi (Mpa)	*ver orientación del espécimen bajo la prueba a tensión según especificación A6 para la gama formas de brida sobre 426lb/ft (634kg / m), el 80 KSI (550Mpa) resistencia a la tensión máxima no se aplica una elongación mínimo en zin (50mm) de 19% se aplica.
Esfuerzo último	50-80 (400-550)	*** Punto de fluencia 32 KSI (220 MPa) para las placas de más de 8in (200mm) de espesor. Alargamiento de que no es obligatorio determinarle para placa de piso. Las placas de más de 24 en (600 mm) el requisito de elongación se reduce dos puntos porcentuales. Ver los ajustes de elongación en la sección de ensayo de tracción de la especificación A6
Esfuerzo de fluencia	36 (250)	
Láminas y Barras, **, ***		
Elongación en 8in. (200mm), min, %	20	
Elongación en zin. (50mm), min, %	23	
Dureza	120-135 HB	HB: Dureza Brinell

Requerimientos a tensión para Aceros ASTM A36

Aplicaciones:

Las aplicaciones comunes del acero estructural A-36 es en la construcción, y es moldeado en perfiles y láminas, usadas en edificios e instalaciones industriales; cables para puentes colgantes, atirantados y concreto reforzado; varillas y mallas electrosoldada para el concreto reforzado; láminas plegadas usadas para techos y pisos.

Propiedades Mecánicas		Notas
Resistencia a la tracción, MPa (ksi)	400-550 (58-80)	Placas de acero, formas y barras
Limite elastico (Esfuerzo de fluencia), MPa (ksi), ≥	250 (36)	Espesor ≤ 200mm (8 pulg.)
	220 (32)	Espesor de placas de acero > 200mm (8 pulg.)
Elongación, %, ≥	20	Placas y barras en 200 mm (8 pulg.)
	23	Placas y barras en 50 mm (2 pulg.)
Dureza Brinell, HBW	119-162	Basado en la conversión de resistencia a la tracción
Módulo de elasticidad, GPa (ksi)	200 (29×10 ³)	-
Prueba de impacto Charpy con muesca en V, J (ft-lbf), ≥	27 (20)	Formas estructurales, ubicación alternativa del núcleo
Módulo de corte, GPa (ksi)	79.3 (11.5×10 ³)	-
Fy del acero A36 (Limite de fluencia), MPa (ksi), ≥	250 (36)	-

ANEXO F: MTR ACERO A304



FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE		SERIE 300		
		Acero al Cromo - Níquel	Acero al Cromo - Níquel - Molibdeno	
DESIGNACIÓN	TIPO AISI	304	316	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* Ni 8% - 10,5%*	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% - 18%* Ni 10% - 14%* Mo 2% - 2.5%*	
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20C (DENSIDAD) (g/cm³)	7.9	7.95 - 7.98	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm²)	193,000	193,000	
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C (J/Kg K)	500	500	
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20C/100C (W/m K)	15 / 16	15 / 16	
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100C (x 10⁻⁶ C⁻¹)	16.0 - 17.30	16.02 - 16.5	
	INTERVALO DE FUSIÓN (C)	1398/1454	1371/1398	
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO	AMAGNÉTICO 1.008	AMAGNÉTICO 1.008	
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C (µΩm)	0.72 - 0.73	0.73 - 0.74	
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C	DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	130150 / 180330	130185 / -	
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	7088 / 1035	7085 / -	
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO (Rm) (N/mm²)	520 - 720 / 540 - 750	540690 / -	
	ELASTICIDAD RECOCIDO / CON DEFORMACIÓN EN FRÍO (Rp) (N/mm²)	210 / 230	205410 / -	
	ELONGACIÓN (A₂) MIN (%)	≥ 45		
	RESILIENCIA KCUL / KVL (J/cm³)	160 / 180	160 / 180	
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD	RP(0.2) A 300C/400C/500C (N/mm²)	125 / 97 / 93	140 / 125 / 105
		RP(1) A 300C/400C/500C (N/mm²)	147 / 127 / 107	166 / 147 / 127
	LÍMITE DE FLUENCIA A 500C/600C/700C/800C (σ1/10³)t (N/mm²)	68 / 42 / 14.5 / 4.9	82 / 62 / 20 / 6.5	
TRATAMIENT. TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL (OC)	ENFR. RÁPIDO 10081120	ENFR. RÁPIDO 10081120	
	TEMPLADO	NO ES POSIBLE	NO ES POSIBLE	
	INTERVALO DE FORJA INICIAL / FINAL (C)	1200 / 925	1200 / 925	
	FORMACIÓN DE CASCARILLA, SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE	925 / 840	925 / 840	
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD	MUY BUENA	MUY BUENA	
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA ±. B1112	45%	45%	
	EMBUTICIÓN	MUY BUENA	BUENA	

* Son aceptables tolerancias de un 1%

ANEXO G: ENCODER MODELO 15T/H-INCREMENTAL ENCODER



MODEL 15T/H - INCREMENTAL ENCODER



Ø1.5"

FEATURES

- High Performance Economical Encoder
- Low Profile – 1.0" (25.4 mm) Height and 1.5" (38 mm) Diameter
- Thru-Bore or Hollow Bore (Blind) with sizes up to 0.375" (10 mm)
- Simple, Innovative Flex Mounting System (Global Mounting Standards)
- Up to 12 Pole Commutation Optional for Brushless Motor Control

The Model 15T or 15H Accu-Coder™ offers a high performance feedback solution in a low profile package. Unlike modular or kit encoders, the Model 15 utilizes an integral bearing set and an innovative flexible mounting system, which are much more tolerant to axial misalignment or radial shaft runout. The slotted flex mounts provide 20 to 30 degrees of rotational adjustment for commutation or index pulse timing. Installation is quick and easy; for brushless servo motor applications, three 120° electrical phase tracks can provide up to 12 pole commutation feedback. The optional 100° C and 120° C temperature options allow servo motors to operate at higher power outputs and duty cycles. With its stable and reliable operation, the Model 15 is an excellent replacement modular encoder when you need a high-performance solution.

COMMON APPLICATIONS

Servo Motor Control, Robotics, Specialty Assembly Machines, Digital Plotters, High Power Motors

MODEL 15T/H ORDERING GUIDE

Blue type indicates price adder options. Not all configuration combinations may be available. Contact Customer Service for details.

Mechanical			Electrical				Optional Features		
15T - 01 SF -			0500 N 5 A OC -				F00 -		
MODEL			CYCLES PER REVOLUTION		INPUT VOLTAGE		CONNECTOR TYPE ⁷		
15T Thru-Bore 15H Hollow Bore (Blind)			See CPR Options below Price adder for CPR-1999		5 5 VDC V1 5 to 28 VDC		F00 10" Cable ⁸ (Std) F01 12" Cable F02 24" Cable F03 36" Cable M00 2M Cable ⁹ J00 18" Cable with 5-pin M12 ¹⁰ K00 18" Cable with 8-pin M12 ¹⁰ A00 15-pin Header with 18" Cable ¹¹		
BORE SIZE ¹			COMMUTATION ³		NUMBER OF CHANNELS ⁴		OPERATING TEMPERATURE		
15 3/16", 0.1875" 01 1/4", 0.250" 03 5/16", 0.3125" 02 3/8", 0.375" 00 4 mm 06 5 mm 04 6 mm 14 8 mm 05 10 mm			N No Commutation A 4 Pole B 6 Pole C 8 Pole E 10 Pole D 12 Pole		A Channel A Channel A Leads B Q Quadrature A & B R Quadrature A & B with Index Channel B Leads A ⁵ K Reverse Quadrature A & B D Reverse Quadrature A & B with Index		T1 -20° to 85° C (Std) T2 -20° to 100° C T3 -20° to 120° C ¹² T7 -40° to 120° C ¹²		
MOUNTING			SEALING		OUTPUT TYPE		CERTIFICATION		
SF 1.812" (46 mm) Slotted Flex-Mount SA 1.812" (46 mm) Two Hole Flex Mount SB 1.142" (29 mm) Slotted Flex Mount ² SC 1.2795" (32.5 mm) Slotted Flex Mount ² SD 1.575" (40 mm) Slotted Flex Mount ²			IP60 (Std) S1 IP64 for Thru-Bore & Blind Hollow Bore		OC Open Collector PP Push-Pull HV Line Driver PU Pull-Up Resistor ⁶ OD Open Collector with Differential Outputs Available on special request. Additional lead times may apply: LO Line Driver on ABZ Open Collector on UVW ⁶		None (Std) CE CE Marked ¹³		
MAXIMUM FREQUENCY Standard F3 Extended See Specifications			CPR OPTIONS		NOTES:				
			0001 thru 0180 0190 0200 0250 0256 0300 0315 0360 0400 0500 0512 0580 0600 0750 0800 1000 1024 1200 1250 1500 1800 2000 2048 2500 2540 3000 3600 4000 4096 5000 6000 7200 8192 10,000		1 Contact Customer Service for additional options not shown. 2 This mount requires button head screws and a modified Hex wrench. 3 Order appropriate installation kit listed under Specifications. 4 Not available in all configurations, and not available with V1 Input Voltage. Contact Customer Service for availability. 5 Contact Customer Service for non-standard index gating or phase relationship options. 6 Reverse Quadrature not available with PU output type. 7 With Input Voltage above 18 VDC, operating temperature is limited to 85° C. 8 For mating connectors, cables, and contacts see Accessories at encoder.com. For Connector Pin Configuration Diagrams, see Technical Information or see Connector Pin Configuration Diagrams at encoder.com. 9 For non-standard English cable lengths enter "F" plus cable length expressed in feet. Example: F06 = 6 feet of cable. Frequency above 300 kHz standard cable lengths only. 10 For non-standard metric cable lengths enter "M" plus cable length expressed in meters. Example: M06 = 6 meters of cable. 11 Not available with commutation. 5-pin not available with Line Driver (HV, OD, LO) outputs. Additional cable lengths available. Please consult Customer Service. 12 Pin Header available with 5 VDC Input Voltage. HV Line Driver and standard quadrature phasing only. Not available with CE Certification. IP60 sealing option only. 13 Only available with 5 VDC Input Voltage. 14 Please refer to Technical Bulletin ZB100: When to Choose the CE Mark at encoder.com.				

MODEL 15T/H CPR OPTIONS
0001 thru 0180 0190 0200 0250 0256 0300 0315 0360
0400 0500 0512 0580 0600 0750 0800 1000 1024
1200 1250 1500 1800 2000 2048 2500 2540 3000
3600 4000 4096 5000 6000 7200 8192 10,000

New CPR values are periodically added to those listed. Contact Customer Service to determine all currently available values. Special disk resolutions are available upon request and may be subject to a one-time NRE fee.

MODEL 15T/H SPECIFICATIONS

Electrical

Input Voltage..... 5 VDC \pm 10% Fixed Voltage
 4.75 to 28 VDC max for temperatures up to 85° C
 4.75 to 24 VDC for temperatures between 85° and 100° C

Input Current..... 140 mA max (85 mA typical for most configurations) with no output load
 Incremental – Two square waves in quadrature with channel A leading B for clockwise shaft rotation, as viewed from the encoder mounting face. See *Waveform Diagrams*.

Output Format.....

Output Types..... Open Collector – 20 mA max per channel
 Push-Pull – 20 mA max per channel
 Pull-Up – Open Collector with 2.2K ohm internal resistor, 20 mA max per channel
 Line Driver – 20 mA max per channel (Meets RS 422 at 5 VDC supply)

Index

Once per revolution
 1 to 189 CPR: Ungated
 190 to 10,000 CPR: Gated to output A See *Waveform Diagrams*.

Max. Frequency

Standard Frequency Response is 200 kHz for CPR 1 to 2540
 500 kHz for CPR 2541 to 5000
 1 MHz for CPR 5001 to 10,000
 Extended Frequency Response (optional) is 300 kHz for CPR 2000, 2040, 2500, and 2540

Electrical Protection

Reverse voltage and output short circuit protected. NOTE: Sustained reverse voltage may result in permanent damage.

Noise Immunity

Tested to BS EN61000-6-2;
 BS EN50081-2; BS EN61000-4-2;
 BS EN61000-4-3; BS EN61000-4-6;
 BS EN50081-1

Quadrature

67.5° electrical or better is typical,
 Edge Separation 54° electrical minimum at temperatures $>$ 99° C

Waveform Symmetry

180° (±1%) electrical (single channel encoder)

Accuracy

Within 0.017° mechanical or 1 arc-minute from true position (for CPR $>$ 189)

Commutation

Up to 12 pole. Contact Customer Service for availability.

Comm. Accuracy

1° mechanical

Mechanical

Max Shaft Speed..... 8000 RPM. Higher speeds may be achievable, contact Customer Service.

Bore Tolerance..... -0.00007" / +0.0006"

User Shaft Tolerances

Radial Runout..... 0.008" max
 Axial Endplay..... ±0.030" max

Starting Torque..... IP50 Hollow Bore: 0.2 oz-in
 IP50 Thru-Bore: 0.3 oz-in
 IP64: 0.6 oz-in

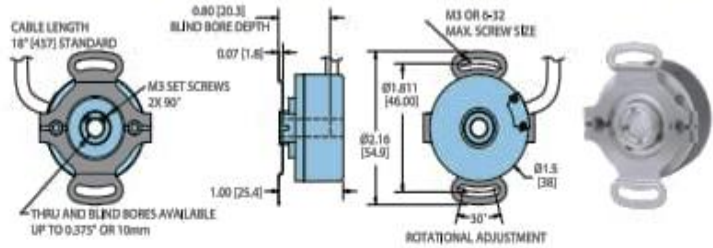
Moment of Inertia..... 6.7×10^{-9} oz-in-sec² (4.8 gm-cm²)

Weight..... 3 oz typical

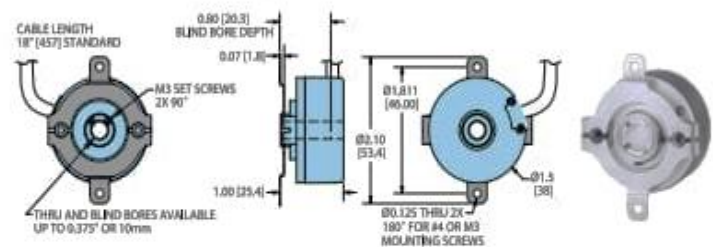
Environmental

Storage Temp..... -25° to 85° C
Humidity..... 58% RH non-condensing
Vibration..... 10 g @ 50 to 500 Hz
Shock..... 80 g @ 11 ms duration
Sealing..... IP50 standard; IP64 available

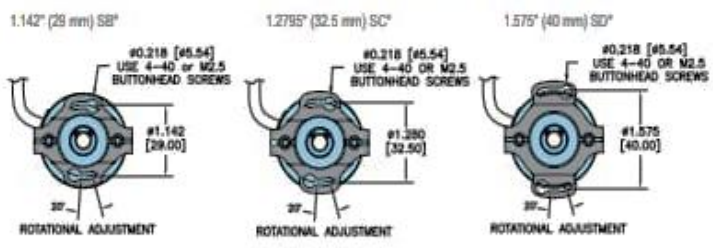
MODEL 15T/H 1.811" (46 MM) SLOTTED FLEX MOUNT (SF)



MODEL 15T/H 1.811" (46 MM) TWO HOLE FLEX MOUNT (SA)



MODEL 15T/H SMALL DIAMETER SLOTTED FLEX MOUNTS



*Order Appropriate No Charge Mounting and Installation Kit for SB, SC, or SD Option. Each kit contains 10 screws for mounting 5 encoders.

- 176150-01 Installation Kit, 4-40 Buttonhead Screws with 0.052" Shortened Hex Wrench
- 176149-01 Installation Kit, M2.5 Buttonhead Screws with 1.5 mm Shortened Hex Wrench

Encoder length and diameter are the same as SF and SA mounts detailed above. All dimensions are in inches with a tolerance of ± 0.005 " or ± 0.01 " unless otherwise specified. Metric dimensions are given in brackets [mm].



SB Slotted Flex Mount

WIRING TABLE

For EPC-supplied mating cables, refer to wiring table provided with cable.
Trim back and insulate unused wires.

Function	Flying Leads	5-pin M12**	8-pin M12**	15-pin Header
	Cable† Wire Color			
Com	Black	3	7	1
+VDC	White	1	2	2
A	Brown	4	1	4
A'	Yellow	—	3	3
B	Red	2	4	6
B'	Green	—	5	5
Z	Orange	5	6	7
Z'	Blue	—	8	8
U	Violet	—	—	10
U'	Gray	—	—	9
V	Pink	—	—	14
V'	Tan	—	—	13
W	Red/Green	—	—	12
W'	Red/Yellow	—	—	11
Shield	Bare‡	—	—	—

*CE Option: Cable shield (bare wire) is connected to internal case.

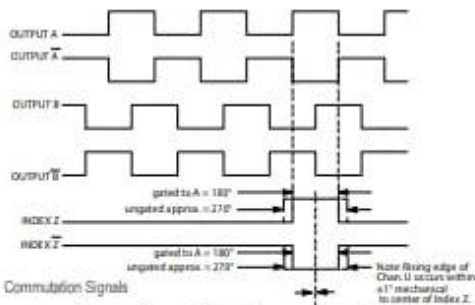
†Standard cable for non-commutated models is 24 AWG. For commutated units, conductors are 28 AWG.

**CE Option: Use cable cordset with shield connected to M12 connector coupling nut.

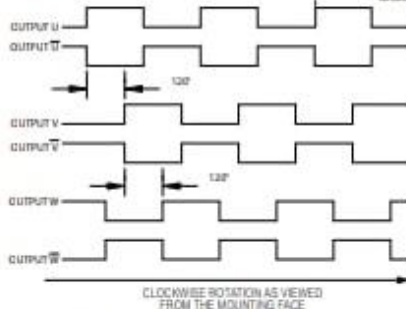


WAVEFORM DIAGRAMS

Incremental Signals



Commutation Signals



NOTE: ALL DEGREE REFERENCES ARE ELECTRICAL DEGREE.
WAVEFORMS SHOWN WITH OPTIONAL COMPLEMENTARY SIGNALS X, X', Z FOR HV AND 00 OUTPUTS ONLY.

ANEXO H: PROGRAMACIÓN DE ADQUISICIÓN DE DATOS PYTHON

```
from tkinter import * # Importa la libreria para la interfaz Grafica
from tkinter import messagebox # Habilita cuadros de texto
from tkinter import ttk
import tkinter as tk
import random
import RPi.GPIO as GPIO #Importa la libreria para los puertos GPIO
import time #Importa La libreria Time Para el control por tiempos
from PIL import ImageTk, Image
import numpy as np
from cv2 import *
GPIO.setmode(GPIO.BCM)#Setea los puertos GPIO
GPIO.setup(26, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(10, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(6, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(9, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)
GPIO.setup(19, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_UP)

GPIO.setup(16, GPIO.OUT)# Proceso tomate
GPIO.setup(20, GPIO.OUT)# Rojo Peligro
GPIO.setup(21, GPIO.OUT)# Listo Verde
GPIO.setup(12, GPIO.OUT)# Listo Verde

GPIO.add_event_detect(26, GPIO.RISING) # add rising edge detection on a
channel
GPIO.add_event_detect(10, GPIO.RISING)#compuerta probetas
GPIO.add_event_detect(6, GPIO.RISING)
GPIO.add_event_detect(9, GPIO.RISING)#martillo abajo
GPIO.add_event_detect(19, GPIO.RISING)#martillo arriba

global count
count =0
class App():

    def validar (self):#Instrucciones al presionar el boton "Validar"

        usuario=self.t_usuario.get()#acumula los caracteres en la variable
usuario
        usuario_1=usuario.upper()#transforma todos los caracteres de usuario a
mayusculas

        if self.t_contraseña.get()=="and usuario_1=="#:Compara lo escrito
en segundo cuadro de texto con la contraseña guardada
            formato="%c"#estableceun formato de fecha
            fecha=time.strftime(formato)#Dala fecha y hora actual
            l_fecha=Label(self.root, text= ("Usuario registrado: "+
str(usuario_1)+" "+str(fecha)),fg="red",font=(" Sans MS",10))#Devuelve el
nombre del usuario registrado y lahora y fecha de registro
            l_fecha.place(x=30,y=10)#ubicacion de texto anterior
            l_fecha.config(bg="white")#Color de fondo del texto anterior
            self.seteo() #ir al comando Pantalla 2
        else:
            messagebox.showwarning("Advertencia","Usuario o Contraseña
incorrecta. Recuerde que para operar este equipo debe ser un usuario
registrado y capacitado")#si la contrase;a o el usuario no coinciden muestra
un mensaje de error

    def seteo(self): # instrucciones al cumplir las condiciones de ingreso
        self.p_verificacion.withdraw()#minimiza la ventana Verificacion
        self.root.deiconify()#maximiza la ventana p_seteo

    def continuar(self):

        self.p_informacion.withdraw()
```

```

def salir(self):
    count=1

    count_1=1
    self.t_1.set('00:00:00')

    self.root.destroy()

#Pantalla de seteo de
valores.....

def mensajetemp_aire(self):
    messagebox.showinfo("Temperatura del Aire", "Los valores recomendados
son de 18 a 25 Â°C")

def mensajetemp_humedad(self):
    messagebox.showinfo("Humedad", "Los valores recomendado son de (75 a
90)%, dependiendo de la variedad")

def mensajetemp_suelo(self):
    messagebox.showinfo("Temperatura del suelo", "Los valores recomendados
son de 18 a 25 Â°C")
def seleccion(self):

    if self.combo.get()=="DF2": # Condicional para seleccionar las
opciones del combobox

        self.v_beta1.set(104.50) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta2.set(104.42) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta3.set(104.34) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta4.set(103.96) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta5.set(104.19) # Asigna valor preestablecido para beta
self.p_beta.set(104.28) # Asigna valor preestablecido para beta

        self.v_alfa1.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa2.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa3.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa4.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa5.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.p_alfa.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa

        self.v_energia1.set(9.78) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia2.set(9.92) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia3.set(10.07) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia4.set(10.76) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia5.set(10.35) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.p_energia.set(10.18) # Asigna valor preestablecido para
energia

        self.t_astm36.place_forget()
self.t_a304.place_forget()
self.t_v320.place_forget()
self.t_df2.place(x=810,y=200)

    if self.combo.get()=="ASTM A36": #Condicional para seleccionar las
opciones del combobox

        self.v_beta1.set(67.96) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta2.set(68.18) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta3.set(67.36) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta4.set(68.18) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta5.set(68.98) # Asigna valor preestablecido para beta

```

```

self.p_beta.set(68.11) # Asigna valor preestablecido para beta

self.v_alfa1.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa2.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa3.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa4.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa5.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.p_alfa.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa

energia
self.v_energia1.set(77.07) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia2.set(76.67) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia3.set(78.17) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia4.set(76.67) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia5.set(75.35) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.p_energia.set(76.79) # Asigna valor preestablecido para
energia

self.t_df2.place_forget()
self.t_a304.place_forget()
self.t_v320.place_forget()
self.t_astm36.place(x=810,y=200)

if self.combo.get()=="V320": #Condicional para seleccionar las
opciones del combobox

self.v_beta1.set(96.49) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta2.set(95.91) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta3.set(97.02) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta4.set(96.29) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta5.set(95.87) # Asigna valor preestablecido para beta
self.p_beta.set(96.32) # Asigna valor preestablecido para beta

self.v_alfa1.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa2.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa3.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa4.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa5.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.p_alfa.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa

energia
self.v_energia1.set(24.53) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia2.set(25.59) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia3.set(23.54) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia4.set(24.90) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia5.set(25.66) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.p_energia.set(24.84) # Asigna valor preestablecido para
energia

self.t_df2.place_forget()
self.t_astm36.place_forget()
self.t_a304.place_forget()
self.t_v320.place(x=810,y=200)

if self.combo.get()=="A304": #Condicional para seleccionar las
opciones del combobox

self.v_beta1.set(57.37) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta2.set(53.58) # Asigna valor preestablecido para beta

```

```

self.v_beta3.set(57.53) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta4.set(55.48) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta5.set(56.25) # Asigna valor preestablecido para beta
self.p_beta.set(56.04) # Asigna valor preestablecido para beta

self.v_alfal.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa2.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa3.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa4.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa5.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.p_alfa.set(111) # Asigna valor preestablecido para alfa

self.v_energia1.set(96.5) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia2.set(103.5) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia3.set(96.3) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia4.set(100) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.v_energia5.set(98.7) # Asigna valor preestablecido para
energia
self.p_energia.set(99) # Asigna valor preestablecido para energia

self.t_df2.place_forget()
self.t_astm36.place_forget()
self.t_v320.place_forget()
self.t_a304.place(x=810,y=200)

if self.combo.get()=="":

self.v_beta1.set(0) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta2.set(0) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta3.set(0) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta4.set(0) # Asigna valor preestablecido para beta
self.v_beta5.set(0) # Asigna valor preestablecido para beta
self.p_beta.set(0) # Asigna valor preestablecido para beta

self.v_alfal.set(0) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa2.set(0) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa3.set(0) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa4.set(0) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.v_alfa5.set(0) # Asigna valor preestablecido para alfa
self.p_alfa.set(0) # Asigna valor preestablecido para alfa

self.v_energia1.set(0) # Asigna valor preestablecido para energia
self.v_energia2.set(0) # Asigna valor preestablecido para energia
self.v_energia3.set(0) # Asigna valor preestablecido para energia
self.v_energia4.set(0) # Asigna valor preestablecido para energia
self.v_energia5.set(0) # Asigna valor preestablecido para energia
self.p_energia.set(0) # Asigna valor preestablecido para energia

self.t_df2.place_forget()
self.t_astm36.place_forget()
self.t_a304.place_forget()
self.t_v320.place_forget()

def probar(self):
self.root.withdraw()#minimiza la ventana Validacion
self.p_prueba.deiconify()
def base_datos(self):
self.root.withdraw()#minimiza la ventana Validacion
self.p_bdatos.deiconify()

```

```

def monitoreo(self):
    self.p_bdatos.withdraw()#minimiza la ventana Validacion
    self.root.deiconify()

def inen_130(self):
    self.root.withdraw()#minimiza la ventana Validacion
    self.p_inen.deiconify()

def astme23(self):
    self.root.withdraw()#minimiza la ventana Validacion
    self.p_astm.deiconify()

def regresar(self):
    self.p_inen.withdraw()
    self.root.deiconify()

def control_1(self):
    self.p_prueba.withdraw()#minimiza la ventana Validacion
    self.root.deiconify()
def informacion(self):
    self.p_prueba.withdraw()#minimiza la ventana Validacion
    self.p_informacion.deiconify()

def camara(self):

    namedWindow("webcam")
    vc = VideoCapture(1);

    while True:
        next, frame = vc.read()
        imshow("webcam", frame)
        if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
            break
    vc.release()
    cv2.destroyAllWindows()

def sensar (self):

    while True:
        if GPIO.input(26)==True:
            self.frame_indicador_puerta.config(bg="green")
            self.t_indicador_puerta.set("Prendido")

        else:
            self.frame_indicador_puerta.config(bg="blue")
            self.t_indicador_puerta.set("Apagado")
            GPIO.output(20,False)# Rojo Peligro
            messagebox.showwarning("Puerta Principal","Cierre la puerta
principal para continuar")

        if GPIO.input(10)==True:
            self.frame_indicador_probeta.config(bg="green")
            self.t_indicador_probeta.set("Prendido")

        else:
            self.frame_indicador_probeta.config(bg="blue")
            self.t_indicador_probeta.set("Apagado")
            GPIO.output(20,False)# Rojo Peligro
            messagebox.showwarning("Compuerta de la Probeta","Cierre la
Compuerta de la Probeta para continuar")

        if GPIO.input(6)==True:
            self.frame_indicador_embrague.config(bg="green")
            self.t_indicador_embrague.set("Prendido")

        else:

```



```

        self.frame_indicador_embrague.config(bg="blue")
        GPIO.output(20,False)# Rojo Peligro
        self.t_indicador_embrague.set("Apagado")

    if GPIO.input(19)==True:

        self.frame_indicador_arriba.config(bg="green")
        self.t_indicador_arriba.set("Prendido")
        if GPIO.input(9)==True:
            self.frame_indicador_abajo.config(bg="green")
            self.t_indicador_abajo.set("Prendido")
            messagebox.showwarning("Peligro","Existe un error en los
sensores")

        else:
            self.frame_indicador_abajo.config(bg="blue")
            self.t_indicador_abajo.set("apagado")
            self.frame_indicador_moviendose.config(bg="blue")
            self.t_indicador_moviendose.set("Apagado")

    else:
        self.frame_indicador_arriba.config(bg="blue")
        self.t_indicador_arriba.set("Apagado")
        if GPIO.input(9)==True:
            self.frame_indicador_abajo.config(bg="green")
            self.t_indicador_abajo.set("Prendido")
            self.frame_indicador_moviendose.config(bg="blue")
            self.t_indicador_moviendose.set("Apagado")
        else:
            self.frame_indicador_abajo.config(bg="blue")
            self.t_indicador_abajo.set("apagado")
            self.frame_indicador_moviendose.config(bg="green")
            self.t_indicador_moviendose.set("Prendido")

    break
    self.pausa()

def pausa (self):
    if GPIO.input(26)==True and GPIO.input(10)==True and
GPIO.input(6)==True:

        GPIO.output(12,False)
        GPIO.output(21,False)# Listo Verde
        GPIO.output(16, True)# proceso tomate
        GPIO.output(20, True)# Rojo Peligro
        self.medir()

    else:
        GPIO.output(12,True)
        GPIO.output(21,True)# Listo Verde
        GPIO.output(16,True)# proceso tomate
        GPIO.output(20,False)# Rojo Peligro
        messagebox.showinfo("Advertencia", "No cumple todas las
condiciones de seguridad")

        return self.sensar()

def elevar (self):

    if GPIO.input(26)==True:
        self.frame_indicador_puerta.config(bg="green")
        self.t_indicador_puerta.set("Prendido")
        GPIO.output(16, False)

    else:
        self.frame_indicador_puerta.config(bg="blue")

```

```

        self.t_indicador_puerta.set("Apagado")
        GPIO.output(16, True)

    if GPIO.input(10)==True:
        self.frame_indicador_probeta.config(bg="green")
        self.t_indicador_probeta.set("Prendido")

    else:
        self.frame_indicador_probeta.config(bg="blue")
        self.t_indicador_probeta.set("Apagado")

    if GPIO.input(6)==True:
        self.frame_indicador_embrague.config(bg="green")
        self.t_indicador_embrague.set("Prendido")

    else:
        self.frame_indicador_embrague.config(bg="blue")
        self.t_indicador_embrague.set("Apagado")

    if GPIO.input(19)==True:

        self.frame_indicador_arriba.config(bg="green")
        self.t_indicador_arriba.set("Prendido")
        GPIO.output(20, False)

        if GPIO.input(9)==True:
            self.frame_indicador_abajo.config(bg="green")
            self.t_indicador_abajo.set("Prendido")
            messagebox.showwarning("Peligro","Existe un error en los
sensores")

            GPIO.output(20, False)

        else:
            messagebox.showwarning("Listo","El Martillo esta en su
posiciÃ³n")

            GPIO.output(20, False)
            self.frame_indicador_abajo.config(bg="blue")
            self.t_indicador_abajo.set("apagado")
            self.frame_indicador_moviendose.config(bg="blue")
            self.t_indicador_moviendose.set("Apagado")

    else:
        self.frame_indicador_arriba.config(bg="blue")
        self.t_indicador_arriba.set("Apagado")
        GPIO.output(20, True)
        if GPIO.input(9)==True:
            self.frame_indicador_abajo.config(bg="green")
            self.t_indicador_abajo.set("Prendido")
            self.frame_indicador_moviendose.config(bg="blue")
            self.t_indicador_moviendose.set("Apagado")
            GPIO.output(20, True)
        else:
            self.frame_indicador_abajo.config(bg="blue")
            self.t_indicador_abajo.set("apagado")
            self.frame_indicador_moviendose.config(bg="green")
            self.t_indicador_moviendose.set("Prendido")
            GPIO.output(20, True)
    return self.elevar

def medir(self):
    self.t_temp_ambiente.set("18.5")
    self.v_energia.set("0")

```

```

def fundamento(self):
    self.t_fundamento.place(x=80,y=280)
    self.i_lprobeta.place(x=790,y=270)
    self.t_instrumental.place_forget()
    self.i_ltabla2.place_forget()
    self.i_ltabla3.place_forget()
    self.t_probeta.place_forget()
    self.t_procedimiento.place_forget()
    self.t_calculos.place_forget()
    self.i_lanexob.place_forget()
    self.i_lanexob2.place_forget()

def instrumental(self):
    self.t_instrumental.place(x=80,y=280)
    self.i_ltabla2.place(x=765,y=300)
    self.t_fundamento.place_forget()
    self.i_lprobeta.place_forget()
    self.i_ltabla3.place_forget()
    self.t_probeta.place_forget()
    self.t_procedimiento.place_forget()
    self.t_calculos.place_forget()
    self.i_lanexob.place_forget()
    self.i_lanexob2.place_forget()

def probeta(self):
    self.t_probeta.place(x=80,y=280)
    self.i_ltabla3.place(x=700,y=280)
    self.t_instrumental.place_forget()
    self.i_ltabla2.place_forget()
    self.t_fundamento.place_forget()
    self.i_lprobeta.place_forget()
    self.t_procedimiento.place_forget()
    self.t_calculos.place_forget()
    self.i_lanexob.place_forget()
    self.i_lanexob2.place_forget()

def procedimiento(self):
    self.t_procedimiento.place(x=80,y=275)
    self.t_probeta.place_forget()
    self.i_ltabla3.place_forget()
    self.t_instrumental.place_forget()
    self.i_ltabla2.place_forget()
    self.t_fundamento.place_forget()
    self.i_lprobeta.place_forget()
    self.t_calculos.place_forget()
    self.i_lformula.place_forget()
    self.i_lanexob.place_forget()
    self.i_lanexob2.place_forget()

def calculos(self):
    self.t_calculos.place(x=80,y=280)
    self.i_lformula.place(x=400,y=350)
    self.t_procedimiento.place_forget()
    self.t_probeta.place_forget()
    self.i_ltabla3.place_forget()
    self.t_instrumental.place_forget()
    self.i_ltabla2.place_forget()
    self.t_fundamento.place_forget()
    self.i_lprobeta.place_forget()
    self.i_lanexob.place_forget()
    self.i_lanexob2.place_forget()

def anexo_b(self):
    self.i_lanexob.place(x=180,y=280)
    self.i_lanexob2.place(x=680,y=280)

```

```

self.t_calculos.place_forget()
self.i_lformula.place_forget()
self.t_procedimiento.place_forget()
self.t_probeta.place_forget()
self.i_ltabla3.place_forget()
self.t_instrumental.place_forget()
self.i_ltabla2.place_forget()
self.t_fundamento.place_forget()
self.i_lprobeta.place_forget()

def timer(self):

    global count
    global seteo
    seteo=self.contador.get()
    if(count==0):
        self.d = str(self.t.get())
        h,m,s = map(int,self.d.split(":"))

        h = int(h)
        m=int(m)
        s= int(s)
        if(s<59):
            s+=1
        elif(s==59):
            s=0
            if(m<59):
                m+=1
            elif(m==59):
                h+=1
        if(h<10):
            h = str(0)+str(h)
        else:
            h= str(h)
        if(m<10):
            m = str(0)+str(m)
        else:
            m = str(m)
        if(s<10):
            s=str(0)+str(s)
        else:
            s=str(s)
        self.d=h+":"+m+":"+s
        self.t.set(self.d)

    if (seteo==m):
        print (seteo)

        self.t.set('00:00:00')
        while True:
            humidity, temperature = Adafruit_DHT.read_retry(sensor,
gpio)
                if humidity is not None and temperature is not None:
                    print('Temp={0:0.1f}*C
Humidity={1:0.1f}%'.format(temperature, humidity))
                else:
                    print('Failed to get reading. Try again!')
                    sleep (1)
                    break
            self.numero_6.set(temperature)
            self.numero_7.set(humidity)
            #:::::::::::sensor ds 18b20#
            def read_temp_raw():
                f = open(device_file, 'r')
                lines = f.readlines()

```

```

        f.close()
        return lines
def read_temp():
    lines = read_temp_raw()
    while lines[0].strip()[-3:] != 'YES':
        time.sleep(0.2)
        lines = read_temp_raw()
    equals_pos = lines[1].find('t=')
    if equals_pos != -1:
        temp_string = lines[1][equals_pos+2:]
        temp_c = float(temp_string) / 1000.0
        return temp_c
while True:
    self.numero_8.set(read_temp())
    print(read_temp())
    time.sleep(2)
    break
if self.numero.get()>=self.numero_6.get() :
    self.temp.set("apagado 6")
    GPIO.output(19, False)

else:
    self.temp.set("prendido 6")
    GPIO.output(19, True)

if self.numero_3.get()>=self.numero_7.get() :

    self.s.set("prendido 7")
    GPIO.output(5, True)

    time.sleep(5)
    GPIO.output(13, True)

else:

    self.s.set("apagado 7")
    GPIO.output(13, False)
    GPIO.output(5, False)

if self.numero_4.get()>=self.numero_8.get() :

    self.r.set("prendido 8")
    GPIO.output(26, False)

else:

    self.r.set("apagado 8")
    GPIO.output(26, True)

    if(count==0):
        self.root.after(930,self.start_timer)
def ventilador(self):

    global e_ventilador
    e_ventilador=1

    GPIO.output(19, True)
    l_44=Label(self.p_prueba,
text="Prendido",fg="black",font=("Calibri",23))#insertar texto "CONTROL
MICROCLIMA" y caracterizacion de la fuente
    l_44.place(x=965,y=80)#ubicacion del texto
    l_44.config(bg="steel blue")#color del texto

def resistencias_a(self):

    global e_resistencia
    e_resistencia=0

```

```

GPIO.output(26, False)
l_44=Label(self.p_prueba,
text="Prendido",fg="black",font=("Calibry",23))#insertar texto "CONTROL
MICROCLIMA" y caracterizacion de la fuente
l_44.place(x=965,y=210)#ubicacion del texto
l_44.config(bg="steel blue")#color del texto
self.reset_1()

def resistencias(self):

    global e_resistencia
    e_resistencia=1
    GPIO.output(26, True)
    l_44=Label(self.p_prueba,
text="Apagado",fg="black",font=("Calibry",23))#insertar texto "CONTROL
MICROCLIMA" y caracterizacion de la fuente
l_44.place(x=965,y=210)#ubicacion del texto
l_44.config(bg="steel blue")#color del texto

def humidificador_a(self):
    global e_humidificador
    e_humidificador=0
    GPIO.output(13, False)
    l_44=Label(self.p_prueba,
text="Apagado",fg="black",font=("Calibry",23))#insertar texto "CONTROL
MICROCLIMA" y caracterizacion de la fuente
l_44.place(x=965,y=360)#ubicacion del texto
l_44.config(bg="steel blue")#color del texto
self.reset_1()

def humidificador(self):
    global e_humidificador
    e_humidificador=1
    GPIO.output(5, True)
    time.sleep(5)
    GPIO.output(13, True)
    l_44=Label(self.p_prueba,
text="Prendido",fg="black",font=("Calibry",23))#insertar texto "CONTROL
MICROCLIMA" y caracterizacion de la fuente
l_44.place(x=965,y=360)#ubicacion del texto
l_44.config(bg="steel blue")#color del texto

def luces_a(self):
    global e_luces
    e_luces=0

    GPIO.output(6, False)
    l_44=Label(self.p_prueba,
text="Apagado",fg="black",font=("Calibry",23))#insertar texto "CONTROL
MICROCLIMA" y caracterizacion de la fuente
l_44.place(x=965,y=515)#ubicacion del texto
l_44.config(bg="steel blue")#color del texto

```

ANEXO I: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

*SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA UNA MÁQUINA
DE ENSAYOS MECÁNICOS PÉNDULO CHARPY II*



MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA UNA MÁQUINA DE ENSAYOS MECÁNICOS PÉNDULO CHARPY II

INTRODUCCION

Este plan de operación y mantenimiento se basa en la unión de actividades que se realizan durante la instalación de cualquier equipo, cumpliendo los objetivos de disponibilidad, fiabilidad, coste y finalmente aumenta al máximo posible la vida útil del mismo, para su respectivo mantenimiento es fundamental preservar el equipo o restaurarlo con el paso del tiempo cuando este deje de cumplir con su funcionalidad para el cual fue diseñado.

El ensayo de Charpy es un ensayo destructivo diseñado para medir la tenacidad de un material en este manual se podrá observar cada uno de los accesorios que se utilizan en este sistema.

La utilización de la norma *ASTM E23 Ensayo de impacto Charpy de muestras pequeñas* para este sistema permite realizar los diferentes ensayos en donde estos métodos de prueba describen las pruebas de impacto con barra dentada para materiales metálicos.

Seguridad

Para la operación de este sistema de adquisición de datos de una máquina de ensayos mecánicos péndulo Charpy es recomendable utilizar el EQUIPO DE

PROTECCIÓN PERSONAL ya que este podría eliminar los factores de riesgo resguardando la integridad y la salud del operador al momento de manipular el equipo.

Seguridad Industrial

Consiste en minimizar los riesgos que puedan existir en los entornos industriales, se aplica en los usos de herramientas y de equipos, así el operador puede desempeñar sus funciones respectivas con la protección requerida.

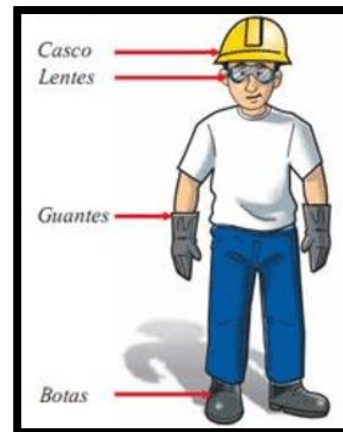


Fig. 1 Equipo de protección personal

1. Características del Sistema para ensayos mecánicos péndulo Charpy

Este sistema se caracteriza en la ruptura de una probeta la cual puede ser para todo tipo de aceros suaves y duros, para este ensayo se realizaron 3 repeticiones con probetas diferentes las cuales son A1010, A36,

A4340 o acero inoxidable esta es impactada a presión por un martillo permitiendo medir la energía absorbida por el material al momento de sufrir alguna deformación o ruptura, estas probetas utilizadas son previamente normalizadas por la norma ASTM E23 describe las pruebas de impacto de probetas metálicas entalladas.

El Sistema para ensayos mecánicos péndulo Charpy se asocia a un sistema mecánico de engranajes que permite transmitir la potencia entre los ejes, estos ejes son intermedios con diferentes etapas de reducción. La transmisión por engranajes es muy rígida y no permite deformaciones sensibles.

Accesorios del sistema:

- Péndulo
- Yunque o porta probetas
- Sistema embrague
- Sistema freno
- Sistema electrónico
- Pantalla
- Probetas

2. Operación

Para el funcionamiento del sistema es necesario seguir el siguiente procedimiento, cumpliendo cada uno de los pasos establecidos.

1. Elevación y descenso del martillo, verificar la posición inicial del martillo de igual forma el estado de los sensores magnéticos que definen la posición de los diferentes componentes mecánicos.
2. Verificación de seguridad, las verificaciones de seguridad son condiciones que pide al usuario de la

máquina para salvaguardar la integridad de los operarios.

3. Asegurarse que el switch de encendido de la alimentación del motor este en “ON”.



4. Encendemos la programación en la cual se utilizó un lenguaje orientado a objetos de Python mediante el software Thonny Python IDE que viene precargado en el sistema operativo de Raspbian.



5. Revisamos la Interfaz que es el conjunto de pantallas que permiten la visualización de datos, así como también la comunicación entre el usuario y el sistema de control.



6. Presione el botón medir y libere el martillo, hasta que este alcance su posición elevada.
7. A continuación, presione el botón medir y libere el martillo.

- Una vez que la luz amarilla encienda los indicadores, presionamos el freno.



- Cuando la luz verde se encienda del indicador, repetimos el procedimiento requerido.

3. Mantenimiento

El plan de mantenimiento ayuda a minimizar las fallas en el equipo con ajustes incondicionales, si el equipo presenta algún problema en sus parámetros establecidos, el cambio de piezas se lo realizará después de una inspección o verificación en donde se observará si es necesaria la sustitución de la misma para garantizar una continua operación del equipo.

Parámetros generales:

Condiciones Ambientales: El entorno en el cual los equipos se encuentran ubicados es muy importante para su correcto funcionamiento y reposo. Se debe tener en cuenta las siguientes precauciones para la ubicación del equipo:

- Temperatura
- Humedad
- Iluminación
- Nivel de Ruido
- Vibraciones
- Presencia de polvo
- No colocar el equipo en una superficie inestable o inclinada

- Control de corrosión

Limpieza Integral Interna: Eliminación de residuos como desechos, polvo, moho, etc. Este tipo de residuos se los puede encontrar en la parte interna del equipo.

Inspección interna: Determinar cada una de las partes del equipo y a su vez conocer la funcionalidad de cada uno de ellas, detectar corrosión, desgaste o rupturas en las piezas para que estas sean reemplazadas.

Lubricación y engrase: Se lo realiza de forma directa, este procedimiento se lo realiza al momento de realizar la inspección, los lubricantes a utilizar deben ser recomendados por el fabricante del equipo para evitar daños.

Reemplazo de partes defectuosas: Con el paso del tiempo el funcionamiento de ciertas piezas en el equipo sufre un desgaste, por esta razón debemos evitar que suceda esto para evitar el daño de otras partes en el sistema.

Ajuste y calibración: Es necesario calibrar y ajustar el equipo para obtener mejores resultados al momento del funcionamiento del equipo, para obtener datos aproximados y no erróneos que afecten el proceso.

Revisión de seguridad eléctrica: Comprobar que los cables se encuentren en buen estado y debidamente conectados a los equipos.

Pruebas funcionales completas: El operador debe poner en funcionamiento el

equipo en todos los modos de funcionamiento posibles para detectar fallas durante el proceso de operación.

Es recomendable realizar cada 6 meses un mantenimiento preventivo, en caso de existir algún daño se procederá a realizar un mantenimiento correctivo.

Para este mantenimiento preventivo y correctivo se recomienda lo siguiente:

1. Se debe realizar una inspección estática y en funcionamiento para determinar fallos de funcionamiento y fallos técnicos, para lo cual es necesario analizar por separado cada una de las partes que componen al péndulo de Charpy II.

2. Para los fallos en el sistema de adquisición de datos analógico se debe realizar varias pruebas en vacío.

3. Observar si el eje no presenta alguna deformación o desgaste debido a que siempre está bajo la carga del peso del péndulo, para mantener un funcionamiento de manera eficaz.

4. La superficie del yunque debe estar en constante observación, sobre todo donde se apoyan las probetas ya que, debido al impacto, se presentan deformaciones permanentes, lo que altera resultados de los ensayos de impacto.

5. Analizar la vida útil en función del tiempo de trabajo de las chumaceras para determinar si necesitan ser reemplazadas o no,

previamente deben ser engrasadas. Realizar un desmontaje, revisar el estado de desgaste y apriete de los pernos, tuerca y anillo de presión.

6. Revisar el estado de las zapatas, observar si el cable que acciona el freno tiene desgaste, está deformado o roto, limpiar el pedal de freno.

7. Verificar que ningún eslabón de la cadena de transmisión esté roto, para que no haya riesgos de accidentes, debe estar engrasada y a su vez revisar si se encuentra debidamente ajustada.

8. La calibración del péndulo Charpy se debe realizar en base a las normas INEN 1502, INEN 1503 y ASTM E23, estas normas son utilizadas para la verificación de máquinas de prueba, con dispositivos de calibración, la descripción de los métodos de ensayo para medir la energía absorbida en el impacto del espécimen roto.

4. Recomendaciones

- Al ingresar al laboratorio deben portar el equipo de protección personal.
- Los ensayos se deben realizar bajo la supervisión del técnico encargado del laboratorio, para que supervise el procedimiento requerido.
- Realizar periódicamente la calibración del equipo para obtener datos aceptables durante su proceso.
- Las probetas de ensayo deben tener las medidas de acuerdo a la norma establecida para evitar datos erróneos.

ANEXO J: GUÍA DE LABORATORIO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA – ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
INFORME DE LABORATORIO N°...
SÓLIDOS II – PARCIAL...
ENSAYO DE IMPACTO (ACEROS)

Fecha de realización:

Fecha de entrega:

1. RESUMEN

El resumen debe ser claro y específico para el lector, contiene la información básica del tema tratado anunciando parte de su objetivo, procedimiento, resultados y conclusiones del mismo.

2. PALABRAS CLAVE

Incluir 5 palabras clave como máximo, estas palabras son técnicas que correspondan al contenido del ensayo realizado las cuales deben ser concretas y precisas con el tema relacionado.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Calcular la tenacidad de los materiales (probetas de acero) mediante el impacto con la utilización del Péndulo Charpy.

3.2 Objetivos específicos

- Elaborar las probetas adecuadas para el ensayo de impacto de aceros.
- Observar el comportamiento de la probeta cuando esta es sometida a una fuerza.
- Comparar los resultados análogos y digitales con datos específicos del fabricante.

4. EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 Equipos



Fig. 1 Péndulo Charpy II

Partes:



Fig.2

1.
2.

4.2 Materiales

Herramientas



Fig. 3 Pantalla

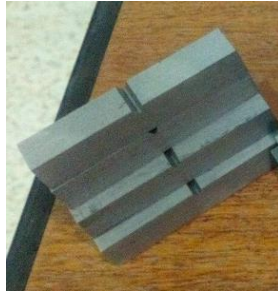


Fig. 4 Probetas



Fig. 5 Calibrador

5. MARCO TEÓRICO

FUNDAMENTO TEÓRICO

El ensayo de impacto es un tipo de procedimiento que caracteriza la fractura de los materiales y por su carga dinámica, esto sucede cuando un objeto golpea a otro de modo que se desarrollan grandes fuerzas entre los objetos durante un periodo muy corto.

○ Propiedades Mecánicas

Son aquellas propiedades que describen el comportamiento de un material al ser expuesto a un esfuerzo (Carga),

determinando las reacciones que este va a tener en resistencia, transmisión o deformación.

○ Tenacidad

La tenacidad es la capacidad de un material para absorber la energía que se le aplica sin fractura. Las piezas sometidas a cargas aplicadas repentinamente, a choques o a impacto, necesitan tener un alto nivel de tenacidad.

Normas

Son un conjunto de lineamientos nacionales o internacionales, para garantizar que las personas en general puedan realizar una actividad técnica a través de los procedimientos previamente establecidos

- ✓ ASTM E 23
- ✓ INEN 130
- ✓ INEN 1502

6. PROCEDIMIENTO

Para realizar el siguiente ensayo debemos seguir el siguiente procedimiento:

1. Al ingresar al laboratorio el operador debe colocarse el Equipo de Protección Personal.
2. Verificar las dimensiones de las probetas utilizando un calibrador.
3. Realizar una inspección previa del equipo y procedemos a encender la máquina y el programa.
4. Cerrar las puertas de seguridad.
5. Colocamos el péndulo y el indicador en su posición inicial y colocamos las probetas sobre el yunque de la máquina, la talla en

forma de V debe quedar al lado contrario del péndulo para que esta pueda recibir un golpe.

6. Mandamos a correr el programa, seguido de la liberación del péndulo.

7. Tomar los datos de forma análoga y digital para realizar una comparación de los datos obtenidos.

7. TÉCNICA EXPERIMENTAL

7.1 Obtención de datos

Tabla 1. Datos principales del péndulo

Datos	Valor
w	
Θ	
R	
Energía potencial disponible	
Energía neta del péndulo	

Tabla 2. Suministro de materiales de prueba

Materiales ensayados	Forma de Suministro	Resistencia teórica al impacto
Acero 1040		
Atm A36		
A 304		

8. RESULTADOS

En base a la línea de calibración y el factor de calibración estipulados en la Norma Ecuatoriana Obligatoria INEN 1502 se procedió a la verificación y comparación de resultados.

Tabla 1. Datos obtenidos en las probetas de acero 1020

Acero 1020			
Energía Caratula (J)	Energía Caratula (J)	Energía Sistema de adquisición de datos	Ángulo β

Tabla 1. Datos obtenidos en las probetas de acero A36

ASTM A36			
Energía Caratula (J)	Energía Caratula (J)	Energía Sistema de adquisición de datos	Angulo β

Tabla 1. Datos obtenidos en las probetas de acero A304

ASTM A 304			
Energía Caratula (J)	Energía Caratula (J)	Energía Sistema de adquisición de datos	Angulo β

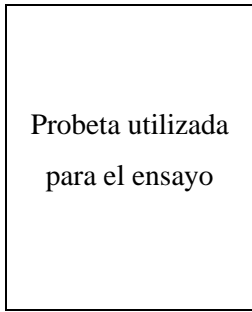


Fig. 6. Probeta de acero 1020

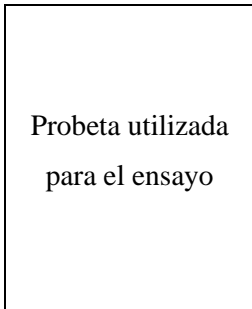


Fig. 7. Probeta de acero A36

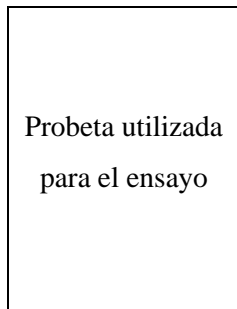


Fig. 8. Probeta de acero A304

9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Analizaremos los resultados obtenidos de forma análoga y digital durante el proceso,

basándonos en las normas establecidas para este ensayo de impacto (aceros) determinando si cumple o no con lo establecido, si existe alguna variación de estos datos se debe discutir comparando con los datos del fabricante.

10. CONCLUSIONES

Las conclusiones dependerán de los objetivos planteados al inicio del ensayo.

-
-
-
-

11. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones se basan de acuerdo al ensayo propuesto y al laboratorio utilizado para dar cumplimiento a sus normas de seguridad.



-
-
-

12. BIBLIOGRAFÍA

Citar las fuentes de investigación relacionadas con el ensayo de impacto (aceros), como su normativa, maquinaria, usos, mantenimiento, etc.

ANEXO K

HISTORIAL DE AVERÍAS

 		<h1>HISTORIAL DE AVERÍAS</h1>	Equipo: Sistema de Control Automático
Versión: 2021	FICHA DE REGISTRO DE ACTIVIDADES		Código: ESPOCH-EIM-SAPCM-ST01
	SISTEMA DE ADQUISIÓN DE DATOS PARA UNA MÁQUINA DE ENSAYOS MECÁNICOS PÉNDULO CHARPY		Página 1 de 1

<p><u>Leyenda:</u></p> <p>PF Período de funcionamiento</p> <p>01-a Limpieza Externa de Superficies</p> <p>02-a Limpieza Interna de Superficies</p> <p>03-a Inspección Externa</p> <p>03-b Inspección Interna</p> <p>04-a Lubricación o Engrase Externo</p> <p>04-b Lubricación o Engrase Interno</p>	<p>N/A No se Aplica</p> <p>05-a Ajustes Internos</p> <p>05-b Ajustes Externos</p> <p>06-a Condiciones Ambientales lugar de Operación</p> <p>07-a Pruebas Funcionales Completa</p> <p>07-b Pruebas Funcionales Por Partes</p> <p>08-a Reparación de equipos o elementos del sistema</p>
--	--

Año: 2020

Tarea	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	PF	
													Inicio	Fin
01-a														
02-a														
03-a														
03-b														
04-a														
04-b														
05-a														
05-b														
06-a														
07-a														
07-b														

08-a	Parte(s) afectada(s)		Fecha:		Firma:	
08-a	Parte(s) afectada(s)		Fecha:		Firma:	

Reemplazo de partes M (Mecánicas) – E (Eléctricas):						
M		Elemento y ubicación:		Fecha:		Firma:
E						
M		Elemento y ubicación:		Fecha:		Firma:
E						

Control	Ene.		Feb.		Mar.		Abr.		May.		Jun.	
	Jul.		Ago.		Sep.		Oct.		Nov.		Dic.	

Observaciones:

	Péndulo Charpy	Ficha: 1-1
--	----------------	------------

NOTA: La ficha consta de cuatro campos cada uno de ellos reportar un año, estos constan de 12 numerales que son los meses del año, en cada año se debe reportar la avería en el mes que fue inspeccionado, si el espacio en blanco no es suficiente para su redacción se procede a continuar en la parte de las observaciones. Esta ficha sirve para tomar en cuenta las precauciones que sufre el equipo con el fin de evitar fallas mayores.



Observaciones		
---------------	--	--



Parte averiada y actividad realizada

	2020	2021	2022	2023	2024
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
1					
2					



3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

ANEXO L



TAREAS DE MANTENIMIENTO

 	LIMPIEZA EXTERNA DE LOS COMPONENTES	Tarea: 01-a	
		Frecuencia	
Versión: 2021	PÉNDULO CHARPY	Mensual	X
		Semestral	
	TAREAS DE MANTENIMIENTO	Anual	



Tiempo de Ejecución: 45 minutos		Máquinas o Equipos	
		Apagado	X
		Encendido	
Aplica a: <p style="text-align: center;">Máquina Péndulo Charpy</p>			
HERRAMIENTAS	MATERIALES	EQUIPO	
Franela, Brocha, Guantes, Escoba			
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La máquina debe estar desconectada de la energía eléctrica, con una franela limpiamos la superficie externa que se observa a simple vista, la brocha nos permitirá retirar el polvo en las partes que la franela no pueda limpiar. - Mojar la franela en el balde con agua y detergente, escurrir para eliminar el exceso de agua, proceder con la limpieza de toda la parte externa de la máquina, es recomendable realizarlo tres veces para una mejor limpieza. - Enjuagar la franela con abundante agua para eliminar todo el detergente, una vez que esté limpia la franela volvemos a pasarla nuevamente por toda la parte externa de la máquina realizaremos tres repeticiones. - Barrer y recoger los restos de polvo o sedimentos que fueron arrojados al piso con las herramientas que anteriormente se utilizaron. 			
<p>OBSERVACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • El barrido del piso debe ser leve para evitar el levantamiento del polvo y que este a su vez nuevamente se ensucie. • Las franelas ocupadas deben ser lavadas y secadas para su próximo uso. • Si la máquina fue removida, debemos colocarla en su lugar inicial. 			

 	LIMPIEZA INTERNA DE SUPERFICIES CON CIRCUITOS	Tarea: 02-b	
		Frecuencia	
Versión: 2021	PÉNDULO CHARPY TAREAS DE MANTENIMIENTO	Mensual	
		Semestral	X
		Anual	X



Tiempo de Ejecución: 30 minutos		Máquinas o Equipos	
		Apagado	X
		Encendido	
Aplica a: Circuitos Eléctricos / Electrónicos			
HERRAMIENTAS	MATERIALES	EQUIPO	
Brocha, Franela, Lija, Alicate	Alcohol Isopropílico, Taipe	Aspiradora	
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none"> - Desconectar la energía del sistema y abrir la caja del circuito eléctrico. - Usar brocha, cuidadosamente limpiar el polvo de los circuitos electrónicos, evitando arrancar los cables de sus conectores y/o terminales eléctricos. - Usar el disolvente (alcohol Isopropílico) para desengrasar y quitar manchas de los cables del sistema. - Verificar el estado de los cables que estos no estén pelados, si lo están colocar Taipe para cubrirlos, si estos claves están con una protección metálica revisar si han sufrido algún tipo de corrosión si esto sucede lijamos la parte afectada. 			
OBSERVACIONES <ul style="list-style-type: none"> • Para que el disolvente se seque rápido no es necesario utilizar aire comprimido ya que este disolvente es muy volátil, por ende, su evaporación es rápida. • Los cables deben estar bien cubiertos para evitar un cortocircuito, las partes metálicas que sufren corrosión deben ser lijadas para evitar su expansión. 			

 	<h1>INSPECCIÓN EXTERNA</h1>	Tarea: 03-a	
		Frecuencia	
Versión: 2021	PÉNDULO CHARPY	Semestral	X
	TAREAS DE MANTENIMIENTO	Annual	X



Máquinas o Equipos		Apagado	X
		Encendido	
Tiempo de Ejecución: 30 minutos			
Aplica a: Todos los elementos del Péndulo Charpy			
HERRAMIENTAS	MATERIALES	EQUIPO	
Medios Visuales, Tacto y Audición.	Formularios, libreta de apuntes		
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar el estado del equipo, conexiones, soporte y sus partes principales las cuales son yunque, percutor, chumaceras, etc., si las piezas presentan signos de corrosión serán reportadas. - Verificar el estado de los interruptores de encendido y apagado el cable de freno que este en buen estado. - Determinar que los elementos se encuentren en su lugar respectivo como el sensor. - Comprobar los elementos que realizan una función de rotación no presenten obstrucciones y que la puerta de la máquina se pueda abrir y cerrar sin dificultad. - Prestar atención al sonido de los equipos en el momento del funcionamiento para determinar ruidos diferentes de su funcionamiento normal. - Revisar que todos los pernos estén bien ajustados y si no están realizar el ajuste adecuado para que la máquina cumpla con su funcionalidad y no tenga desalineación. 			
<p>OBSERVACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si los interruptores presentan daños deben ser reemplazados de inmediato. • Es importante que el percutor se encuentre alineado con el eje de simetría del yunque. • Los pernos y prisioneros deben estar bien ajustados. 			

 	<h1>INSPECCIÓN INTERNA</h1>	Tarea: 03-b	
		Frecuencia	
		Mensual	
Versión: 2021	PÉNDULO CHARPY	Semestral	X
	TAREAS DE MANTENIMIENTO	Anual	X



Tiempo de Ejecución: 30 minutos		Máquinas o Equipos	
		Apagado	X
		Encendido	
Aplica a: Todos los elementos del Péndulo Charpy			
HERRAMIENTAS	MATERIALES	EQUIPO	
Medios Visuales, Tacto	Formularios, libreta de apuntes		
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Observar desgastes, corrosión, rupturas en los elementos pernos, hembra del embrague y macho del embrague, etc. - Verificar que todos los elementos y partes internas se encuentren completas. - Verificar el ajuste de pernos. - Verificar el acoplamiento adecuado entre el embrague hembra del embrague y macho del embrague, etc. - Verificar los voltajes de salida si existe un voltaje no indicado y un sobrecalentamiento no realizar ensayos. - Observar que las chumaceras se encuentren engrasadas. - Realizar soldaduras con estaño en los circuitos que se encuentren en mal estado para evitar cortocircuitos y que se generen accidentes. 			
<p>OBSERVACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reportar la gravedad de daño en las piezas para que estas sean reemplazadas de inmediato. • Si los cables se encuentran en mal estado, por corrosión o quemadura, se los cambia de inmediato, reportando además la causa que lo provocó. • En las conexiones se debe tener en cuenta los colores de cable asignado a cada sensor y actuador para evitar confusiones. 			

 	<h2>AJUSTES GENERALES</h2>	Tarea: 05-b	
		Frecuencia	
		Mensual	
Versión: 2021	PÉNDULO CHARPY	Semestral	X
	TAREAS DE MANTENIMIENTO	A anual	

Tiempo de Ejecución: 30 minutos		Máquinas o Equipos	
		Apagado	X
		Encendido	
Aplica a: <p style="text-align: center;">Equipos del Péndulo Charpy</p>			
HERRAMIENTAS		MATERIALES	
EQUIPO			
Caja de Herramientas			
<p>PROCEDIMIENTO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verificar que los equipos mecánicos y pernos estén bien ajustados caso contrario realizar el ajuste respectivo. - Comparar con equipos de medida externos que el péndulo y las probetas se encuentre en buen estado sin presentar algún tipo de deformación. - Observar las conexiones del panel de control que estas se encuentren bien conectadas y aseguradas. - Realizar una revisión de posibles actualizaciones del programa Python con una verificación completa del software de control descartando cualquier error de operación. - Determinar que el eje esté en perfectas condiciones de uso esto se lo realiza con el método de la regla, el cual consisten en colocar el eje en una superficie horizontal totalmente plana, rotarlo lentamente sobre ella y observar si en algún momento alguna parte de eje deja de topar la superficie. - Lubricar con aceite WD-40 EN AEROSOL la cadena de transmisión. - El disco de freno debe estar libre de grasa y otro tipo de contaminantes. 			
<p>OBSERVACIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> • El ajuste del equipo se lo debe realizar con la máquina apagada para evitar accidentes. • El sistema de frenado es un sistema sencillo y su funcionamiento depende de muchas partes móviles. Es por esta razón que requieren cambios y revisiones de sus partes semestralmente. 			

 	CONDICIONES AMBIENTALES LUGAR DE OPERACIÓN	Tarea: 06-a	
		Frecuencia	
		Mensual	
Versión: 2021	PÉNDULO CHARPY	Semestral	X
	TAREAS DE MANTENIMIENTO	Anual	X

Tiempo de Ejecución: 45 minutos		Máquinas o Equipos	
		Apagado	X
		Encendido	
Aplica a: Lugar de ubicación de la máquina Péndulo Charpy			
HERRAMIENTAS	MATERIALES	EQUIPO	
Cinta métrica, nivel	Llave, alicate		
PROCEDIMIENTO: <ul style="list-style-type: none"> - Determinar el lugar específico de la ubicación de la máquina para que esta no genera algún tipo de interrupción. - Verificar que el lugar cuente con la ventilación adecuada. - Verificar estado de las conexiones eléctricas que suministran energía, que estas no presenten humedad para que el flujo normal de corriente y el funcionamiento sea normal durante la inspección. - Procurar que el lugar donde se ubica la máquina esté libre de humedad. - Colocar lámparas o fluorescentes para una mejor iluminación. - Verificar que la nivelación del piso sea la correcta para que la máquina se mantenga estable en todo momento. 			
OBSERVACIONES <ul style="list-style-type: none"> • No exceder en la calefacción, con una temperatura de 25 grados es suficiente. • El lugar de operación debe ser inspeccionado anualmente, para corregir anomalías si lo requiere. 			

 	PRUEBAS FUNCIONALES COMPLETAS	Tarea: 07-a	
		Frecuencia	
Versión: 2021	PÉNDULO CHARPY	Mensual	
		Semestral	
	TAREAS DE MANTENIMIENTO	Anual	X

Máquinas o Equipos	
Apagado	X
Encendido	

Tiempo de Ejecución: 45 minutos

Aplica a:
 Todo el equipo

HERRAMIENTAS	MATERIALES	EQUIPO
Caja de herramientas		

PROCEDIMIENTO:

- Observar se encuentre en un lugar estable.
- Verificar que el botón de encendido y apagado del programa estén en buen estado para empezar con su funcionamiento.
- Controlar que no exista herramientas o accesorios que interrumpan el arranque de la máquina.
- Encender el programa seguir la guía del procedimiento indicada en el manual de usuario.
- Poner mucha atención al ruido de la máquina ya que si esta presenta un ruido diferente de lo normal debe ser informado al encargado del laboratorio e inmediatamente la máquina debe ser apagada para que se realice una inspección y poder corregir el problema.
- Prestar mucha atención en cada una de las partes de la máquina para verificar si la funcionalidad es correcta.
- Apagar la máquina cuando se termine el proceso.

OBSERVACIONES

- Si la máquina presenta daños se debe realizar un informe y a su vez reportarlo para su arreglo inmediato.

 	PRUEBAS FUNCIONALES POR PARTES	Tarea: 07-b	
		Frecuencia	
Versión: 2020	PÉNDULO CHARPY TAREAS DE MANTENIMIENTO	Mensual	
		Semestral	
		Anual	X

Máquinas o Equipos	
Apagado	X
Encendido	

Tiempo de Ejecución: 20 minutos

Aplica a:

Todo el equipo

HERRAMIENTAS	MATERIALES	EQUIPO
Caja de herramientas		

PROCEDIMIENTO:

- Encender la máquina, si la máquina o equipo no enciende se procederá a inspeccionar cada una de las partes para determinar la falla.
- Revisar la programación con una prueba de funcionamiento para verificar anomalías dentro del sistema y complicaciones durante el proceso.
- Verificar los contactores, relés, sensores y conexiones eléctricas que estén en buen estado.
- Revisión del sistema de elevación y freno.
- Si alguna pieza de algún equipo fue reparada o sustituida por una nueva debemos verificar que se encuentren en el lugar correcto.

OBSERVACIONES

- Al encontrar fallas en los equipos de la máquina, se procederá a realizar un mantenimiento correctivo.