



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

*ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS
RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES*

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN
BANCO PARA ENSAYOS DE TORSIÓN”**

TESIS DE GRADO PREVIA A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

AUTOR:

Ángel Vinicio Castillo Cuenca

DIRECTOR:

Ing. Milton Amable León Tapia

Loja – Ecuador

2011

CERTIFICACIÓN

Loja, Junio del 2011

Ing. Milton Amable León Tapia

CERTIFICA:

Haber asesorado y revisado durante todo el desarrollo de la presente tesis titulada **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO PARA ENSAYOS DE TORSIÓN”**, elaborada por el egresado: **Ángel Vinicio Castillo Cuenca**, previo a la obtención del grado y título de IngenieroElectromecánico.

En tal virtud cumple los requisitos que exigen las normas de graduación de esta Institución, por lo expuesto autorizo su presentación y defensa.

Ing. Milton Amable León Tapia

DIRECTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Las ideas, hechos, principios, conceptos y resultados vertidos en el presente proyecto de tesis, son de exclusivo responsabilidad del autor que firma a continuación.

.....

Castillo Cuenca Ángel Vinicio.

Egdo. Ingeniería Electromecánica.

PENSAMIENTO.

“Lo que hace sabio al
hombre no es saber mucho,
sino saber lo que le es útil”

<THOMAS FULLER>

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Medardo y Digna porque son las personas que más admiro en este mundo, por su gran esfuerzo y sacrificio para ver convertidos a sus hijos en profesionales y personas de bien, a mi hermano Javier por su apoyo y consejos, a mi hermanito David, a todos mis amigos con los que juntos nos superamos día a día en esta difícil carrera de Ing. electromecánica, pero que nunca abandonaremos nuestras metas. Finalmente dedico este trabajo a todas las personas que me formaron intelectual y espiritualmente.

Y a DIOS sobre todas las cosas.

ANGEL VINICIO

AGRADECIMIENTOS

Es necesario dejar constancia de mi agradecimiento a la *Universidad Nacional de Loja*, al *Área de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables*, representada en cada uno de los docentes que en su momento me brindaron su conocimiento y apoyo para mi formación como profesional.

De manera especial:

- ☞ Al *Ing. Milton Amable León Tapia*, Director de Tesis, por haber colaborado en la realización del presente proyecto.
- ☞ Al *Ing. Bayron Solórzano*, Asesor de Tesis, por habernos brindado sus criterios en la ejecución de este proyecto.
- ☞ Al *Ing. Carlos Castillo*, Asesor de tesis, en la parte automática y electrónica y su apoyo incondicional en todo el proceso del proyecto.

Finalmente a nuestros familiares, compañeros y amigos que con su apoyo y esfuerzo nos impulsaron a la culminación de nuestro Proyecto de Tesis.

RESUMEN

El presente Proyecto de Tesis, tiene la finalidad de **DISEÑAR Y CONSTRUIR UN BANCO PARA ENSAYOS DE TORSIÓN**, mismo que permite contribuir en la formación teórica práctica de los estudiantes del *Área de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables* de la *Universidad Nacional de Loja*.

La Máquina expuesta en este proyecto, consta de tres partes fundamentales: La parte estructural, la parte de medición y de adquisición de datos. Estas secciones han sido debidamente diseñadas, calculadas y seleccionadas de acuerdo a los requerimientos planteados y a la información recopilada para la ejecución del proyecto.

SUMMARY

The present Project of Thesis, has the purpose of to **DESIGN AND to BUILD A BANK FOR TORSION TEST**, same that will contribute in the formation theoretical practice of the students of the **Energy, Industries and the Renewable Natural Resources Area** of the **University National of Loja**.

The Machine exposed in this project, consists of three fundamental parts: The structural part, the mensuration part and data acquisition. These sections have been properly designed, calculated and selected according to the outlined requirements and to the information gathered for the execution of the project.

INDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	III
PENSAMIENTO.	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
RESUMEN	VII
SUMARY	VII
INDICE GENERAL	VIII
INCICE DE FIGURAS	XIII
CAPÍTULO I	XIII
CAPÍTULO II	XIV
CAPÍTULO III	XIV
INDICE DE TABLA.....	XVI
INDICE DE ESQUEMAS.....	XVI
INDICE DE NOMOGRAMA	XVII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
HIPÓTESIS.....	20
1 CAPÍTULO I.	21
REVISIÓN DE LITERATURA.....	21
1.1 ENSAYO DE LOS MATERIALES.....	21
1.2 INTRODUCCIÓN:.....	21
1.3 MÉTODO DE ENSAYO:	23
1.3.1 Flexión por choque sobre barras simplemente apoyadas (<i>método charpy</i>):	23

1.3.2	Ensayo de flexión.	24
1.3.2.1	Resistencia a la flexión.	25
1.3.3	Ensayo de tracción.	26
1.4	TORSIÓN.....	29
1.4.1	INTRODUCCIÓN:.....	29
1.4.1.1	Definición de torsión.	30
1.4.1.2	Efectos de la torsión.....	31
1.4.2	MOMENTO TORSOR.....	31
1.4.2.1	Diagrama de momento torsor y ángulo de torsión.	31
1.4.3	MOMENTO POLAR DE INERCIA.	32
1.4.4	TENSIÓN CORTANTE DE TORSIÓN.....	33
1.4.4.1	Deformación por cortante.	34
1.4.4.2	Módulo de elasticidad en corte.	34
1.4.4.3	Ángulo de torsión.....	34
1.4.5	MÓDULO DE ROTURA.	35
1.4.6	DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO DE TORSIÓN.....	36
1.4.7	PROBETAS NORMALIZADAS PARA ENSAYOS DE TORSIÓN.	37
1.4.7.1	Probetas para torsión.....	37
1.5	MÁQUINAS DE ENSAYOS DE TORSION.....	38
1.5.1	MÁQUINA PARA ENSAYOS DE TORSION MODELO 205.	38
1.5.2	MÁQUINA PARA ENSAYO DE TORSIÓN, 200 NM (GUNT HAMBURG).....	40
1.5.3	MÁQUINARIA MANUALES PARA PRUEBAS DE TORSIÓN.	41
1.6	ELEMENTOS DE RESISTENCIA DE MATERIALES.	44
1.6.1	ESFUERSOS COMBINADOS.	44
1.6.1.1	Esfuerzo:.....	44
1.6.1.2	Deformación:.....	44
1.6.1.3	Ley de Hooke:.....	44
1.6.1.4	Tensión:.....	45
1.6.1.5	Esfuerzo de tensión:.....	45
1.6.2	EFFECTOS INTERNOS DE LAS FUERZAS.	45

1.6.2.1	Tensiones Simples:	45
1.6.2.2	Tracción.....	45
1.6.2.3	Compresión.....	46
1.6.2.4	Flexión.....	46
1.6.2.5	Cortadura.....	46
1.6.2.6	Torsión.....	47
1.7	ACEROS.....	48
1.7.1	CLASIFICACION DE LOS ACEROS PARA HERRAMIENTAS:	48
1.7.2	ELECCIÓN DE LOS ACEROS DE HERRAMIENTAS:	49
1.7.3	PROPIEDADES MECÁNICAS	49
1.7.3.1	Penetración del temple.....	49
1.7.3.2	Tenacidad.....	50
1.7.3.3	Dureza en caliente.....	50
1.7.3.4	Maquinabilidad.....	50
1.7.3.5	Resistencia a la descarburación	51
1.7.3.6	Resistencia al desgaste.....	52
1.8	CADENAS DE TRASMISIÓN.....	54
1.9	DISPOSITIVOS DE PROTECCION, REGULACION, CONTROL Y MEDIDA.....	61
1.9.1	INTERRUPTOR MAGNÉTICO.....	61
1.9.2	INTERRUPTOR MANUAL.....	61
1.9.3	INTERRUPTOR TERMO MAGNÉTICO.....	61
1.9.3.1	Principio de funcionamiento.....	62
1.9.4	VARIADOR DE FRECUENCIA (SINAMICS G110).....	63
1.9.5	AMPERÍMETRO.....	65
1.9.6	VOLTÍMETRO.....	65
CAPÍTULO II		66
CÁLCULO, DISEÑO Y SELECCIÓN.....		66
1.10	CÁLCULO DEL TORQUE NECESARIO PARA DESTRUIR UNA PROBETA NORMALIZADA.....	66
1.10.1	Para acero al carbono SAE 1050	66
1.11	DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN POR CADENAS.....	71

1.11.1	Justificación de selección del tipo de transmisión:	71
1.11.2	Condiciones de trabajo y diseño de la transmisión:	72
1.11.3	Cálculo de la relación de transmisión en función del torque necesario:	73
1.11.4	Determinando la potencia de diseño de la transmisión:	74
1.11.5	Determinando los diámetros primitivos, diámetros de la cabeza de catarinas y la distancia mínima entre centros recomendada.	76
1.11.6	La distancia mínima entre centros recomendada.....	76
1.11.7	Longitud de la cadena.	77
1.12	DIMENSIONAMIENTO DEL EJE PRINCIPAL.	78
1.13	CALCULO DEL DIÁMETRO DEL EJE.....	80
1.13.1	Esfuerzo permisible del material del eje SAE 10-20.....	80
2	CAPITULO III.....	82
	SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS.	82
2.1	Introducción.....	82
2.2	Componentes de los sistemas de adquisición de datos	83
2.2.1	Bloque de sensores	83
2.2.1.1	Sensor de corriente	85
2.2.1.2	Encoder	86
2.2.2	Acondicionadores de señal	87
2.2.2.1	Acondicionador de voltaje	88
2.2.2.2	Acondicionador de corriente	89
2.2.2.3	Acondicionador de la señal del encoder	92
2.2.3	Sistema conversor analógico digital y de transmisión de datos	93
2.2.3.1	Digitalización de señales	95
2.2.3.2	Contador de pulsos	97
2.2.4	Transmisión y Recepción de datos.....	98
2.2.5	Algoritmo de ejecución del microcontrolador	99
2.2.6	Procesamiento y Visualización de los datos.....	102
2.2.6.1	Descripción del Panel Frontal del VI.....	104
2.2.6.2	Descripción del Diagrama de bloques.....	105
3	CAPITULO IV	107

MATERIALES Y MÉTODOS	107
3.1 MATERIALES	107
3.1.1 Características técnicas del motor usado en el banco de pruebas.....	107
3.2 VARIADOR DE FRECUENCIA (SINAMICS G110).....	107
3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA Y MANDO DEL BANCO DE ARRANQUE. 108	
3.3.1 Circuito de Fuerza.	108
3.3.2 Circuito de Mando.....	109
3.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL BANCO DE PRUEBAS.....	110
3.5 METODOLOGÍA.	113
3.5.1 Métodos	113
3.5.2 Técnicas.....	114
3.6 IMPACTO AMBIENTAL.....	114
CONCLUSIONES:.....	116
RECOMENDACIONES:.....	117
BIBLIOGRAFÍA.....	118
ANEXOS	119
GUÍA DE LA PRÁCTICAS	129
PRACTICA # 1.....	135
PRACTICA # 2.....	138
PRACTICA # 3.....	141
PRACTICA # 4.....	144
GUÍA DEL USUARIO	147
BANCO PARA ENSAYO DE TORSIÓN	147
ANTEPROYECTO.	155
DIBUJOS Y PLANOS.....	129

INCICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.1. Puntos y zonas características.

Figura 1.2. Probeta CHARPLY lista para ensayar.

Figura 1.3. Probeta de flexión.

Figura 1.4. Probeta sometida a flexión.

Figura 1.5 Probeta SAE 1015 y 1045 al suspender el ensayo.

Figura 1.6. Gráfica de prueba.

Figura 1.7. Máquina de ensayo de flexión.

Figura 1.8. Diagrama del ensayo SAE 1045

Figura 1.9. Probetas SAE 1015 y SAE 1045

Figura 2.1. Barra sometida a torsión.

Figura 2.2. Diagrama de momento torsor versus ángulo de torsión.

Figura 2.3. Tensión cortante de torsión.

Figura 2.4. Deformaciones por cortante.

Figura 2.5. Ángulo de torsión.

Figura 2.6. “D” punto de ruptura del material

Figura 2.7. Ensayo de torsión.

Figura 2.8. Probeta de diseño normalizada.

Figura 2.9 Extremos de amarre de probeta.

Figura 3.1. Bastidor de máquina resistente a la torsión

Figura 3.2 Modelo 205

Figura 3.3. Ensayos de tornillería.

Figura 3.4. Máquina para ensayos de torsión 200Nm.

Figura 3.5. Esquema global del Módulo de Leyva

Figura 4.1. Barra sometida a tracción.

Figura 4.2. Barra sometida a compresión.

Figura 4.3. Barra sometida a flexión

Figura 4.4. Barra sometida a cortadura

Figura 4.5. Barra sometida a torsión

Figura 6.1. Cadena de una hilera

Figura 6.2. Cadena de dos hileras

Figura 6.3. Cadena de tres hileras

Figura 6.4. Candados y eslabones de una cadena

Figura 7.1. Variador de frecuencia

CAPÍTULO II

Figura 2.8. Probeta de diseño normalizada.

CAPÍTULO III

Fig.1 Diagrama de bloques de un sistema de adquisición de datos

Fig.2 Ubicación de sensores

En la figura 2, se observa cómo están colocados los sensores en el banco de pruebas de torsión.

Fig. 2 Transformador de voltaje

Fig. 3 Transformador de intensidad (TI)

Fig.4 Sensibilidad del transformador de intensidad

Fig. 5 Esquema del encoder H21A1

Fig.6 Valor absoluto medio de ondas senodales, triangulares y cuadradas alternantes.

Como se observa en la figura 7, para el caso de una onda seno el valor del MAV es:

Fig.7 Circuito MAV diseñado con LM741 para el acondicionamiento del voltaje

Fig.8 Amplificador de instrumentación

Fig.9 Circuito acondicionador de señal del transformador de corriente

Fig.10 Generador de pulsos

Fig. 11 se muestra la distribución de pines del Atmega32, el cual es encargado de realizar las siguientes tareas:

Fig.11 Diagrama de pines del Atmega32

Fig.12 se observa el resultado de la conversión de analógico a digital, se puede observar que la señal digital posee una codificación binaria, el número máximo en binario que se puede representar depende de los niveles que posea el ADC

Fig.12 Digitalización de una señal analógica

Fig.13 Estándar RS-232 comunicación serial

Fig.14 Diagrama de flujo del algoritmo implementado

Fig. 15 tenemos el diagrama del circuito central de adquisición de datos y control del banco de pruebas de torsión.

Fig.15 Circuito de adquisición y transmisión de datos para el banco de pruebas de torsión

Fig.16 Panel Frontal y Diagrama de Bloques del entorno LabVIEW

Fig.17 Algoritmo implementado en el VI de LabVIEW para la adquisición y procesamiento de datos para el banco de pruebas de torsión

Fig. 18 Panel Frontal de visualización de datos obtenidos del banco de pruebas de torsión

Fig. 19 Diagrama de bloques del VI implementado

INDICE DE TABLA

Tabla 1.1. Prontuario de Metales

Tabla 1.2. Materiales utilizados

Tabla 1.3. Factores de servicio para cadenas

Tabla 1.4. Pasos de cadenas

Tabla 1.5. Distancias entre centros

Tabla 1.6. Características de disparo de interruptores termo magnéticos

Tabla 1.7. Diagrama de flujo para puesta en servicio rápida del variador de frecuencia

Tabla 1.8. Selección de variador de frecuencia SIEMENS.

Tabla 1.9. Cargas que soporta una cadena.

Tabla 1.10. Datos técnicos de motor trifásico 1020 rpm 4 polos 60 Hz marca Siemens.

Tabla.1.11. Datos técnicos del variador Sinamics G110

Tabla.1.12. Valoración económica.

Tabla 1 Naturaleza y tipos de variables

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 2.1. Esquema del mecanismo.

Esquema 2.2. Disposición de elementos de transmisión por cadena.

Esquema 2.3. Disposición y cargas producidas en los elementos de transmisión por cadena.

INDICE DE NOMOGRAMA

Nomograma. 1.1. Pasos de una cadena.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El ensayo de los materiales está vinculado íntegramente con la Resistencia de los Materiales y son uno de los pilares fundamentales en la ciencia y la técnica y por ende en el diseño de ingeniería.

De ahí que todo centro educativo encargado de la formación superior de profesionales debe estar equipado con máquinas experimentales que permitan complementar los conocimientos teóricos con la práctica a fin de una mejor preparación académica.

En el Área de la Energía las Industrias y Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja específicamente en la carrera de Ingeniería Electromecánica se pretende desarrollar un dispositivo para medir en forma experimental las propiedades elásticas de los materiales sometidos a torsión con fines didácticos y de investigación.

En virtud de lo expuesto hemos visto necesario realizar el diseño y la construcción de un banco de pruebas de torsión, para colaborar en el aprendizaje académico de los estudiantes.

Por lo tanto nuestra problemática es:

“Falta de equipos para la experimentación en el AEIRNNR sobre pruebas de torsión.”

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general:

Desarrollar un banco de experimentación que permita obtener datos de las propiedades mecánicas de materiales sometidos a torsión.

Objetivos específicos:

- Sistematizar información sobre ensayos mecánicos.
 - Diseñar un banco para la determinación experimental de la resistencia mecánica de materiales sometidos a torsión.
 - Construir el banco de torsión de acuerdo a las especificaciones del diseño.
 - Validar el banco su confiabilidad y seguridad.
 - Realizar un manual de instrucciones y manual de prácticas para el manejo, mantenimiento del banco de torsión.
 - Socializar los resultados de la investigación, realizando la sustentación teórica y comprobando los resultados obtenidos con el banco y los teóricos.
-



HIPÓTESIS

La implementación de un banco permitirá realizar los ensayos de torsión para poder determinar el esfuerzo admisible a la torsión.

CAPÍTULO I.

REVISIÓN DE LITERATURA.

1.1 ENSAYO DE LOS MATERIALES.

1.2 INTRODUCCIÓN:

Cuando un técnico proyecta una estructura metálica, diseña una herramienta o una máquina, define las calidades y prestaciones que tienen que tener los materiales constituyentes.

Como hay muchos tipos de aceros diferentes y, además, se pueden variar sus prestaciones con tratamientos térmicos, se establecen una serie de ensayos mecánicos para verificar principalmente la dureza superficial, la resistencia a los diferentes esfuerzos que pueda estar sometido, el grado de acabado del mecanizado o la presencia de grietas internas en el material.

Estos gráficos, permiten deducir sus puntos y zonas características, los cuales son de gran importancia, dichos gráficos se obtiene directamente de la máquina.

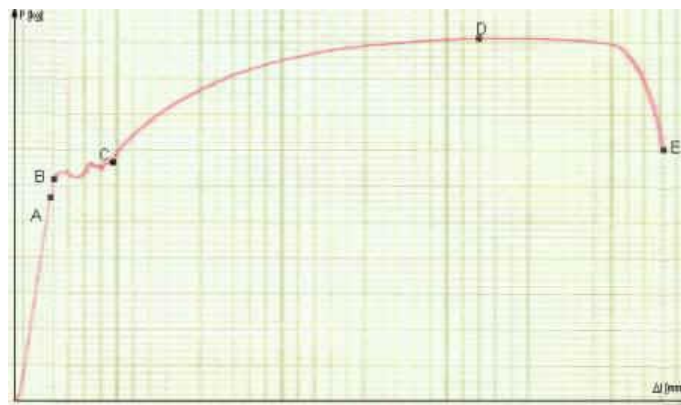


Fig. 1.1. Puntos y zonas características.

Un caso típico es el diagrama que nos presenta el gráfico de un acero dúctil indicado en la figura 1.1, en donde el eje de las ordenadas corresponde a las cargas y el de las abscisas al de las deformaciones longitudinales o alargamientos en milímetros.

A) Periodo elástico

Se observa en el diagrama que el comienzo, desde el punto O hasta el punto A, está representado por una recta que nos pone de manifiesto la proporcionalidad entre los alargamientos y las cargas que lo producen (Ley de Hooke).

Dentro de este periodo y proporcionalmente hasta el punto A, los aceros presentan la particularidad de que la barra retoma su longitud inicial al cesar la aplicación de la carga, por lo que recibe indistintamente el nombre de periodo de proporcionalidad o elástico.

B) Zona de alargamiento pseudoelástico

Para el límite proporcional se presentan un pequeño tramo ligeramente curvo AB, que puede confundirse prácticamente con la recta inicial, en el que los alargamientos elásticos se les suma una muy pequeña deformación que presenta registro no lineal en el diagrama de ensayo. La deformación experimentada desde el límite proporcional al B no solo alcanza a valores muy largos, si no que fundamentalmente es recuperable en el tiempo, por lo que a este punto del diagrama se lo denomina límite elástico o aparente o superior de fluencia.

C) Zona de fluencia o escurrimiento

El punto B marca el inicio de oscilaciones o pequeños avances y retrocesos de la carga con relativa importante deformación permanente del material.

Las oscilaciones en este periodo denotan que la fluencia no se produce simultáneamente en todo el material, por lo que las cargas se incrementan en forma alternada, fenómeno que se repite hasta el escurrimiento total y nos permite distinguir los “límites superiores de fluencia”.

El límite elástico aparente puede alcanzar valores de hasta el 10 al 15 % mayor que el límite final de fluencia.

D) Zona de alargamiento homogéneo en toda la probeta.

Más allá del punto final de fluencia C, las cargas vuelven a incrementarse y los alargamientos se hacen más notables, es decir que ingresa en el período de las grandes deformaciones, las que son uniformes en todas las probetas hasta llegar a D, por disminuir en igual valor en toda la longitud del material, la dimensión lineal transversal.

El final de período de alargamiento homogéneo queda determinado por la carga máxima, a partir de la cual la deformación se localiza en una determinada zona de la probeta, provocando un estrechamiento de las secciones que la llevan a la rotura, al período DE se lo denomina de estricción. En la zona plástica se produce, por efecto de la deformación, un proceso de endurecimiento, conocido con el nombre de “acritud”, que hace que al alcanzar el esfuerzo la resistencia del metal, éste al deformarse adquiere más capacidad de carga, lo que se manifiesta en el gráfico hasta el punto D.

E) Zona de estricción.

En el período de estricción, la acritud, si bien subsiste, no puede compensar la rápida disminución de algunas secciones transversales, produciéndose un descenso de la carga hasta la fractura.

1.3 MÉTODO DE ENSAYO:

1.3.1 Flexión por choque sobre barras simplemente apoyadas (*método charpy*):

Con la finalidad de que el material esté actuando en las más severas condiciones, el método Charpy utiliza probetas ensayadas (estado triaxial de tensiones) y velocidades de deformación de 4,5 a 7m/s, entorno recomendado por las normas el de 5 a 5,5m/s.

Las probetas se colocan, como muestra la figura 1.2, simplemente apoyadas sobre la mesa de máquina y en forma tal que la entalladura se encuentra del lado opuesto al que va a recibir el impacto. En la misma figura se puede observar la correcta posición del material como así también la forma y dimensiones de los apoyos y de la pena del martillo pendular.

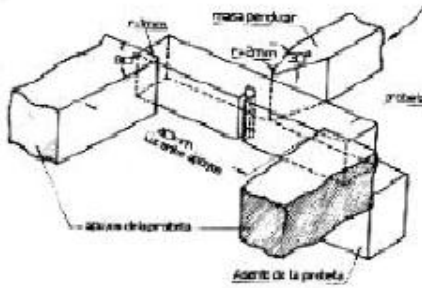


Fig. 1.2 Probeta CHARPY lista para ensayar.

Las I.R.A.M aconsejan realizar el ensayo de choque por el método Charpy, con el empleo de probetas entalladas aprobadas por I.S.O (Internacional Standard Organización, ex I.S.A) que tienen las dimensiones indicadas en la figura 1.2.

La resiliencia al choque resulta, según este método, el trabajo gastado por unidad de sección transversal para romper al material de un solo golpe:

$$\text{Resistencia} = K = A_0/S \text{ (Kgf/cm}^2 \text{ o Joule/cm}^2\text{)} \text{ (Ecuación 1.1)}$$

1.3.2 Ensayo de flexión.

El esfuerzo de flexión puro o simple se obtiene cuando se aplican sobre un cuerpo pares de fuerza perpendiculares a su eje longitudinal, de modo que provoquen el giro de las secciones transversales con respecto a los inmediatos.

Sin embargo y por comodidad para realizar el ensayo de los distintos materiales bajo la acción de este esfuerzo se emplea generalmente a las mismas comportándose como vigas simplemente apoyadas, con la carga concentrada en un punto medio (flexión práctica u ordinaria).

En estas condiciones además de producirse el momento de flexión requerido, se superpone a un esfuerzo cortante, cuya influencia en el cálculo de la resistencia del material varía con la distancia entre apoyos, debido a que mientras los momentos flectores aumentan o disminuyen con esta, los esfuerzos cortantes se mantienen constantes, como puede

comprobarse fácilmente en la figura 1.3, figura 1.4 figura 1.5 figura 1.6, por lo que será tanto menor su influencia cuanto mayor sea la luz entre apoyos.

Es por esta razón que la distancia entre los soportes de la probeta se ha normalizado convenientemente en función de la altura o diámetro de la misma, pudiendo aceptar entonces que la acción del esfuerzo de corte resulta prácticamente despreciable. Para ensayos más precisos la aplicación de la carga se hace por intermedio de dos fuerzas con lo que se logra “flexión pura”.

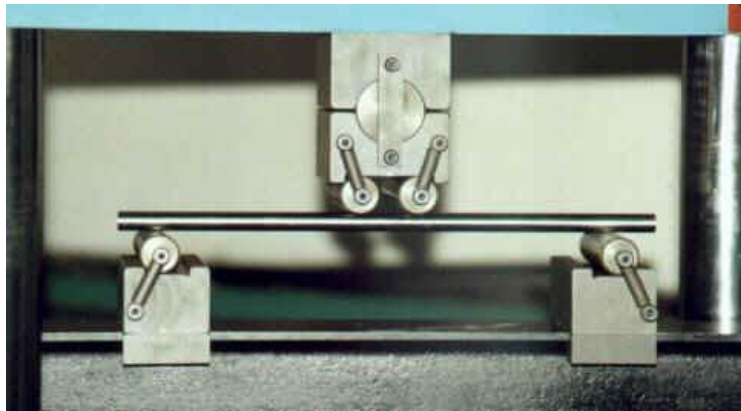


Fig. 1.3 Prueba de flexión.

1.3.2.1 Resistencia a la flexión.

La fórmula de la tensión será, como ya sabemos la relación del esfuerzo con la sección donde actúa. El momento flector máximo en la viga es igual:

$$M_{fmax} = P \cdot (L - d) / 4 \text{ (Ecuación 1.2)}$$

Siendo P la carga total, L la distancia entre apoyos y d la separación entre las cargas.

Si el modulo resistente Wz es:

$$Wz = d^3 / 32 \text{ (Ecuación 1.3)}$$

Remplazando en la fórmula que determina la tensión y considerando el momento flector máximo, obtenemos la “resistencia estática o módulo de rotura de la flexión”.

$$\sigma_{fp} = \frac{M_{fp}}{W_z} = \left(\frac{\text{Kgmm}}{\text{mm}^2} \right) \quad (\text{Ecuación 1.4})$$



Fig. 1.4. Probeta sometida a flexión



Fig. 1.5. Probetas SAE 1015 y 1045 al suspender el ensayo

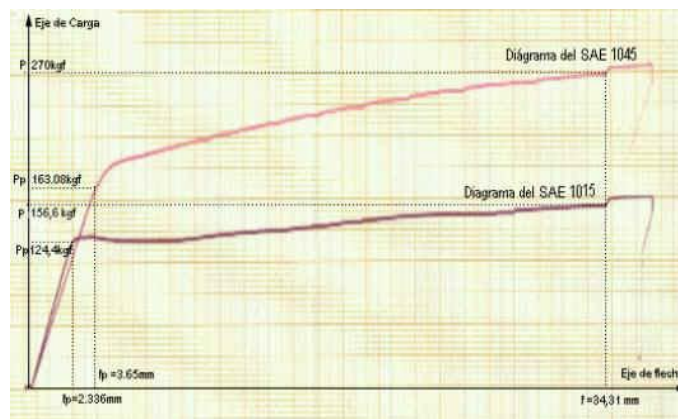


Fig. 1.6 Gráfica de prueba.

1.3.3 Ensayo de tracción.

Un cuerpo se encuentra sometido a tracción simple cuando sobre sus secciones transversales se le aplican cargas normales uniformemente repartidas y de modo de tender a producir su alargamiento.

Por las condiciones de ensayo, el de tracción estática es el que mejor determina las propiedades mecánicas de los metales, o sea aquella que definen sus características de resistencia y deformabilidad. Permite obtener, bajo un estado simple de tensión, el límite de elasticidad o el que lo reemplace prácticamente, la carga máxima y la consiguiente resistencia estática, en base a cuyos valores se fijan los de las tensiones admisibles o de

proyecto (adm.) y mediante el empleo de medios empíricos se puede conocer, el comportamiento del material sometidos a otro tipo de solicitaciones (fatiga, dureza, etc.).

Cuando la probeta se encuentra bajo un esfuerzo estático de tracción simple a medida que aumenta la carga, se estudia esta en relación con las deformaciones que produce.

La siguiente figura 1.7, de la maquina utilizada para realizar el ensayo de tracción, en la cual vemos el dial que nos marca la cargas, el diagramador y el sistema donde se realiza el ensayo con la probeta colocada.

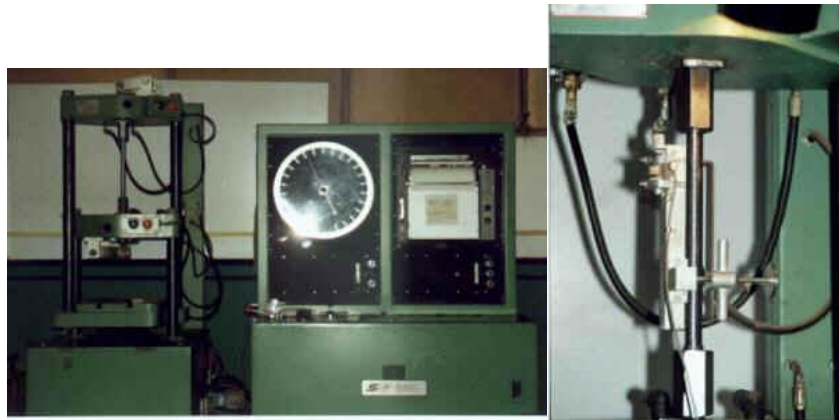


Fig. 1.7. Máquina de ensayo de tracción.

La carga debe aplicarse de tal manera que el esfuerzo resulte uniformemente destruido sobre la sección transversal del material.

Tratándose de ensayos estáticos el incremento de carga se efectúa en forma muy lenta, para evitar los efectos de las fuerzas de inercia, velocidad que se fija según las normas y materiales, adoptándose generalmente una variación de 0,1 Kgf/mm² y por segundo aproximadamente hasta alcanzar el límite de fluencia, a partir del cual puede llegarse como máximo a 50 Kgf/mm² por minuto.

Resulta de gran importancia la velocidad de la aplicación de la carga de ensayo, pues su incremento produce un retraso en la aparición de las deformaciones plásticas y un aumento de la resistencia del material. Si las cargas se aplican en forma extremadamente lentas se

obtiene una disminución del límite de fluencia y un aumento de la resistencia, aunque a expensas de la ductilidad, que disminuye considerablemente.

En la siguiente figura 1.8, el diagrama del ensayo SAE 1045 (se debe tener también en cuenta las observaciones hechas para el diagrama del SAE 1015).

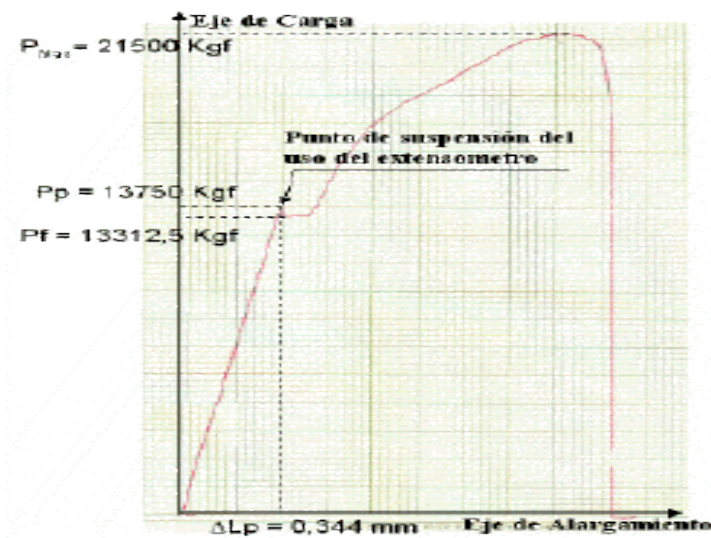


Fig. 1.8. Diagrama del ensayo SAE 1045.

La figura 1.8 muestra claramente las diferencias en las deformaciones causadas por el ensayo: el SAE 1015 con mayor alargamiento y mayor estricción que el SAE 1045 que vemos abajo en la foto



Fig. 1.9. Probetas SAE1015 y SAE1045

1.4 TORSIÓN.

Es el método para determinar el comportamiento de materiales sometidos a cargas de giro. Los datos del ensayo de torsión se usan para construir un diagrama carga-deformación y para determinar el límite elástico del módulo elástico de torsión, el módulo de rotura en torsión y la Resistencia a la torsión. Las propiedades de cizalladura suelen determinarse en un ensayo de torsión. (ASTM E-143).¹

1.4.1 INTRODUCCIÓN:

Consideremos una barra sujeta rígidamente en un extremo y sometida en el otro a un par $T = (Fd)$ aplicado en un plano perpendicular al eje. Se dice que esa barra está sometida a torsión. El ensayo de torsión es un mecanismo en que se deforma una muestra aplicándole un par torsor.

La deformación plástica alcanzable con este tipo de ensayos es mucho mayor que en los de tracción (estricción) o en los de compresión (abarrilamiento, aumento de sección).

Éste ensayo da información directamente del comportamiento a cortadura del material y la información de su comportamiento a tracción se puede deducir fácilmente.

Los efectos de la aplicación de una carga de torsión a una barra son:

1. Producir un desplazamiento angular de la sección de un extremo respecto al otro.
2. Originar tensiones cortantes en cualquier sección de la barra perpendicular a su eje.

La Torsión en sí, se refiere a la deformación helicoidal que sufre un cuerpo cuando se le aplica un par de fuerzas (sistema de fuerzas paralelas de igual magnitud y sentido contrario). Los materiales empleados en ingeniería para elaborar elementos de máquinas rotatorias, como los cigüeñales y árboles de motores, deben resistir las tensiones de torsión que les aplican las cargas que mueven.

¹Máquinas Herramientas. Gerling, Heinrich Reverté, Pág 56.

El ensayo de torsión es un ensayo en que se deforma una muestra aplicándole un par torsor.

La deformación plástica alcanzable con este tipo de ensayos es mucho mayor que en los de tracción (estricción) o en los de compresión

Da información directamente del comportamiento a cortadura del material y la información de su comportamiento a tracción se puede deducir fácilmente.

La torsión en sí se refiere a un desplazamiento circular de una determinada sección transversal de un elemento cuando se aplica sobre éste un momento torsor o una fuerza que produce un momento torsor alrededor del eje.

El ángulo de torsión varía longitudinalmente.

1.4.1.1 Definición de torsión.

La Torsión en sí, figura 2.1, se refiere a la deformación helicoidal que sufre un cuerpo cuando se le aplica un par de fuerzas (sistema de fuerzas paralelas de igual magnitud y sentido contrario).

La torsión se puede medir observando la deformación que produce en un objeto un par determinado. Por ejemplo, se fija un objeto cilíndrico de longitud determinada por un extremo, y se aplica un par de fuerzas al otro extremo; la cantidad de vueltas que dé un extremo con respecto al otro es una medida de torsión.

Los materiales empleados en ingeniería para elaborar elementos de máquinas rotatorias, como los cigüeñales y arboles motores, deben resistir las tensiones de torsión que les aplican las cargas que mueven.

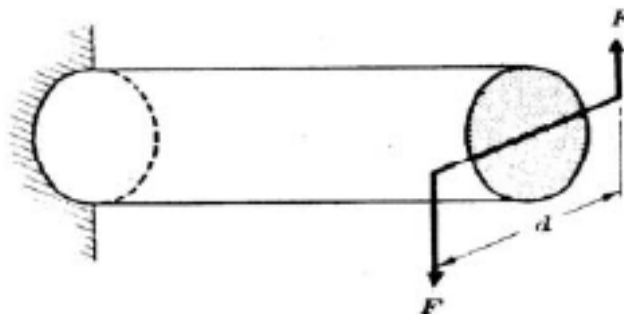


Fig. 2.1. Barra sometida a torsión.

1.4.1.2 Efectos de la torsión.

Los efectos de la aplicación de una carga de torsión a una barra son:

- Producir un desplazamiento angular de la sección de un extremo respecto al otro.
- Originar tensiones cortantes en cualquier sección de la barra perpendicular a su eje.

1.4.2 MOMENTO TORSOR.

A veces a lo largo de un eje actúa una serie de pares. En este caso es, conveniente introducir un nuevo concepto, el momento torsor, que se define para cada sección de la barra, como la suma algebraica de los momentos de los pares aplicados, situados a un lado de la sección considerada. Naturalmente, la sección de lado es arbitraria en cada caso.

1.4.2.1 Diagrama de momento torsor y ángulo de torsión.

La obtención del diagrama de momento torsor en función del ángulo de torsión, para una probeta cilíndrica sometida a torsión, es fundamental para determinar el módulo de rigidez al corte, el esfuerzo cortante de proporcionalidad y el esfuerzo cortante de fluencia.

En la figura 2.2. se indica el diagrama de momento torsor versus ángulo de torsión. En dicho diagrama se pueden distinguir: El límite de proporcionalidad, el límite de fluencia superior A, el límite de fluencia inferior B, la zona de cadencia C y el límite de ruptura de la probeta, señalado con el punto D.

La zona lineal del gráfico, permite determinar el módulo de rigidez al corte del material y el esfuerzo cortante de proporcionalidad. El esfuerzo cortante de fluencia superior se determina a través del punto A del diagrama.

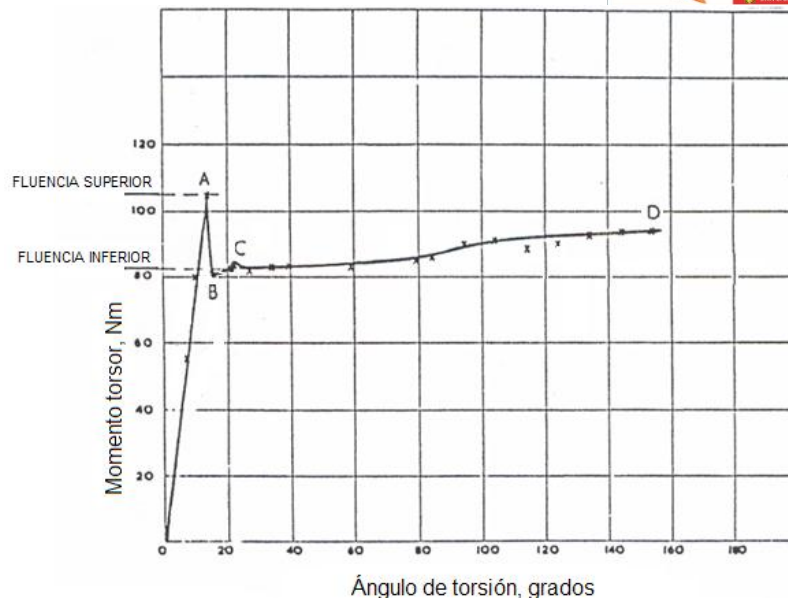


Fig. 2.2. Diagrama de momento torsor versus ángulo de torsión.

1.4.3 MOMENTO POLAR DE INERCIA.

Para cada árbol circular hueco de diámetro exterior D_e con ángulo circular concéntrico de diámetro D_i el momento polar de inercia de la sección representada generalmente por I_p esta dada por:

$$I_p = \frac{\pi}{32} (D_e^4 - D_i^4) \text{ (Ecuación 2.1)}$$

El momento polar de inercia de un árbol macizo se obtiene haciendo $D_i = 0$

Este número I_p es simplemente una característica geométrica de la sección. No tiene significado físico, pero aparece en el estudio de las tensiones que se produce en un eje circular sometido a torsión.

A veces es conveniente escribir la ecuación anterior en forma.

$$I_p = \frac{\pi}{32} (D_e^2 + D_i^2)(D_e^2 - D_i^2) = \frac{\pi}{32} (D_e^2 + D_i^2)(D_e + D_i)(D_e - D_i) \text{ (Ecuación 2.2)}$$

Esta última forma es útil para calcular el valor de I_p en los casos en los que la diferencia ($D_e - D_i$) es pequeña.

1.4.4 TENSION CORTANTE DE TORSIÓN.

Para un árbol circular hueco u macizo, sometido a un momento torsor T , la tensión cortante de torsión τ a una distancia ρ del centro del eje está dada por:

$$\tau = \frac{T\rho}{I_p} \text{ (Ecuación 2.3)}$$

Esta distribución de tensiones varía desde cero en el centro del árbol (si es macizo) figura 2.3, hasta una máxima en las fibras exteriores. Aquí estudiamos solo la torsión de árboles macizos o huecos de sección circular.

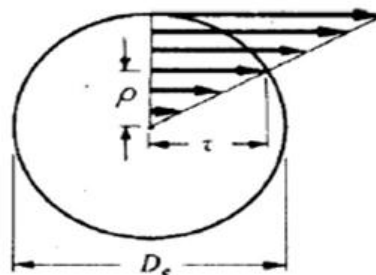


Fig. 2.3. Tensión cortante de torsión.

HIPÓTESIS.

Para deducir la fórmula $\tau = T\rho/I_p$ se supone que una sección de árbol normal a su eje, plana antes de la carga, permanece plana después de aplicar el par y que un diámetro de sección antes de la deformación sigue siendo un diámetro, o recta, de la sección después de la deformación. A causa de la misma simetría polar de un árbol circular, esta hipótesis aparece razonable, pero si la sección no es circular, ya no son ciertas; se sabe, por experiencias, que en este último caso, durante la aplicación de cargas exteriores, las secciones se alaban.

1.4.4.1 Deformación por cortante.

Si se marca una generatriz a – b en la superficie de la barra sin carga, y luego se aplica el momento torsor T, esta recta se traslada a a – b como se ve en la figura 2.4. El ángulo γ , medio en radianes, entre la posición inicial y final de la generatriz, se define como la deformación por cortante en la superficie de la barra. La misma definición sirve para cualquier punto interior de la misma.

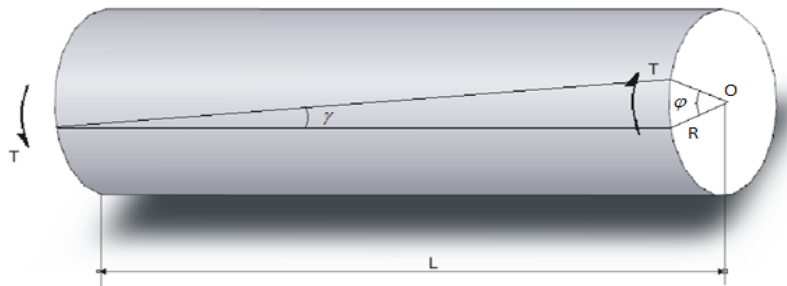


Fig. 2.4 Deformaciones por cortante

1.4.4.2 Módulo de elasticidad en corte.

La relación entre la tensión cortante τ y su deformación γ se llama módulo de elasticidad en cortante y, está dada por:

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \text{ (Ecuación 2.4)}$$

Como allí, las unidades de G son las mismas que las de la tensión cortante, pues la deformación no tiene dimensión.

1.4.4.3 Ángulo de torsión.

Si un árbol figura 2.5, de longitud L está sometido a un momento de torsión cortante T en toda su longitud, el ángulo θ que un extremo de la barra gira respecto del otro, es:

$$\theta = \frac{TL}{GI_P} \text{ (Ecuación 2.5)}$$

Donde I_p representa el momento polar de inercia de la sección.

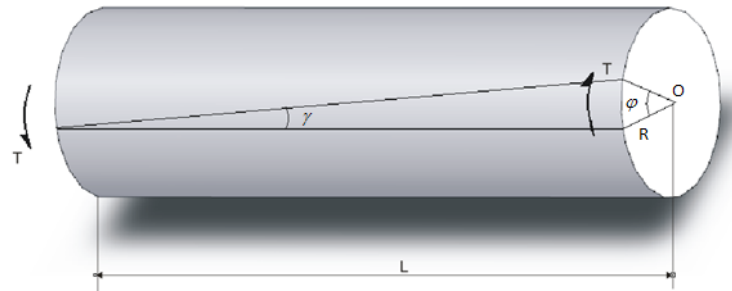


Fig. 2.5: Angulo de torsión

1.4.5 MÓDULO DE ROTURA².

Es la tensión cortante ficticia que se obtiene sustituyendo en la ecuación $\tau = T_\rho/I_p$ el par máximo t que soporta un árbol cuando se ensaya a rotura. En este caso, se toma para valor de ρ el radio exterior de la barra. Indudablemente, no está justificado el uso de esta fórmula en el punto de rotura, porque, se deduce solo para utilizar adentro de la zona de comportamiento lineal del material. La tensión obtenida utilizando esta fórmula en este caso no es una verdadera tensión, pero a veces es útil para comparaciones.

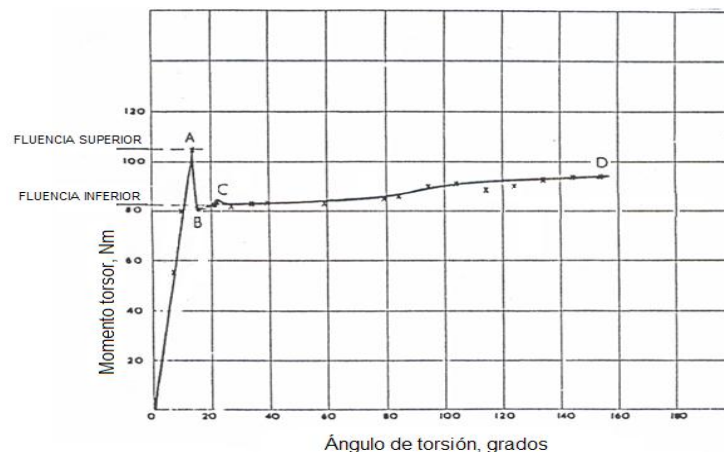


Fig. 2.6. “D” punto de ruptura del material.

²Diseño de máquinas. Series de compendios Shawn Hall Allen, Pág 143.

1.4.6 DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO DE TORSIÓN.

El ensayo de torsión consiste en aplicar un par torsor a una probeta por medio de un dispositivo de carga y medir el ángulo de torsión resultante en el extremo de la probeta.

Este ensayo se realiza en el rango de comportamiento linealmente elástico del material.

Los resultados del ensayo de torsión resultan útiles para el cálculo de elementos de máquina sometidos a torsión tales como ejes de transmisión, tornillos, resortes de torsión y cigüeñales. figura 2.7

Las probetas utilizadas en el ensayo son de sección circular. El esfuerzo cortante producido en la sección transversal de la probeta (t) y el ángulo de torsión (q) están dados por las siguientes relaciones:

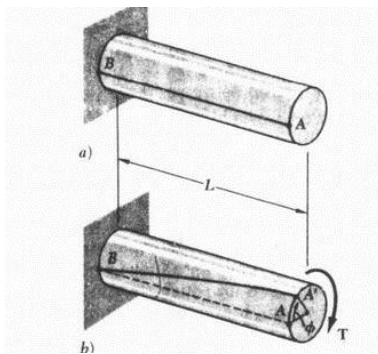


Fig. 2.7. Ensayo de torsión.

$$\tau = \frac{T \cdot c}{J} ; \quad \theta = \frac{T \cdot L}{G \cdot J} \text{ (Ecuación 2.6)}$$

Donde T: Momento torsor (N.m)

C: Distancia desde el eje de la probeta hasta el borde de la sección transversal (m) $c = D/2$

$$J = \frac{\pi D^4}{32} \text{ (Ecuación 2.7)}$$

J: Momento polar de inercia de la sección transversal (m⁴)

G: Módulo de rigidez (N/m²)

L: Longitud de la probeta (m)

1.4.7 PROBETAS NORMALIZADAS PARA ENSAYOS DE TORSIÓN.

1.4.7.1 Probetas para torsión.

Las probetas para los ensayos de torsión pueden ser: industriales o calibradas; estas últimas, se emplean en experiencias más rigurosas y adoptan formas perfectamente cilíndricas o prismáticas, con extremos ensanchados, no solo para facilitar su sujeción en la máquina de ensayo, sino para asegurar la rotura dentro del largo calibrado de menor sección; en la cual se marcan los denominados “Puntos fijos de referencia” a una distancia inicial preestablecida (l_0), que permitirá después del ensayo determinar las características respectivas de cada material referente a la carga torsora aplicada sobre él.

A continuación en la Figura 2.8 se presenta un tipo de probetas normalizada según IN50125 para tracción del acero con sus respectivas dimensiones en la tabla 1

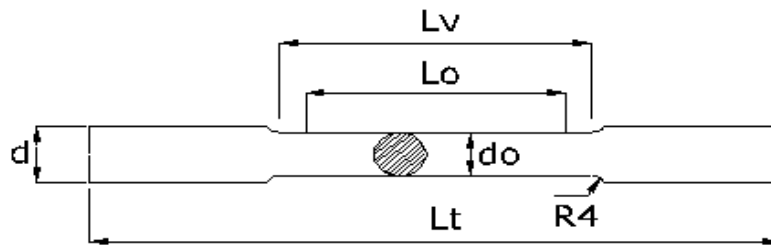


Fig. 2.8. Probeta de diseño normalizada.

Tabla 1.1. Dimensiones de probeta normalizada

Do	D	BARRA PROPORCIONAL CORTA			BARRA PROPORCIONAL LARGA		
		Lo	Lv	Lt	Lo	Lv	Lt
6	8	30	36	95	60	86	125
8	10	40	48	115	80	88	155

10	12	50	60	140	100	110	190
12	15	60	72	160	120	132	220

Dónde:

L_o es la Longitud de medida (mm), L_v la longitud de ensayo (mm) y L_t la longitud total (mm).

Los extremos de amarre de estas probetas circulares pueden ser simples, cabeceados o roscados.; de estos dependen también el sistema de amarre o amordazamiento en la máquina; a continuación se grafica los tipos de amarre más comunes de probetas en la Fig.2.9.

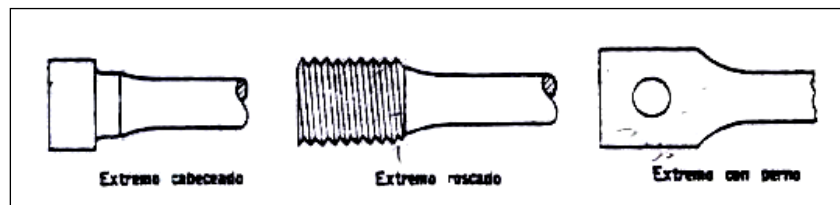


Fig. 2.9. Extremos de amarre de probetas.

1.5 MÁQUINAS DE ENSAYOS DE TORSION.

1.5.1 MÁQUINA PARA ENSAYOS DE TORSION MODELO 205.

Entre las máquinas para ensayos de torsión destacan las destinadas especialmente para el ensayo de tornillería

En las pruebas de tornillos, tuercas y bulones se aplican normas muy diversas; sobre todo en la industria automovilística y aeronáutica

Las máquinas para ensayos de torsión Test especiales para tornillería están construidas conforme al siguiente esquema:

Motor Carcasa de protección Cabezal de medida

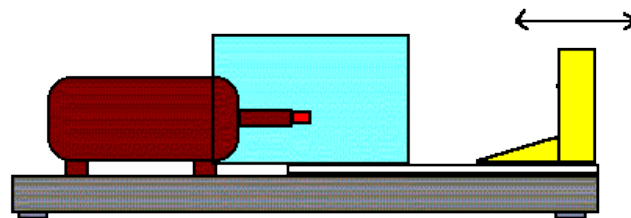


Fig. 3.1. Bastidor de máquina resistente a la torsión



Fig. 3.2. Modelo 205

Las máquinas realizan la medida y la valoración de los siguientes parámetros: fuerza de apriete inicial de la unión atornillada, par de apriete total, par de aflojado total, par de rozamiento bajo la cabeza del tornillo, par de rozamiento de la rosca, ángulo, dilatación.

En las máquinas de ensayo de tornillería, TesT utiliza detectores especiales patentados de componentes múltiples, modelo 201, que operan como cabezales de medida. Para realizar la medida simultánea y ONLINE de todos estos parámetros y para su procesamiento, se necesitan tarjetas de PC especiales, modelo 840 (WIN 95, 98, ME, NT, 2000), y el software SoftWinner940 (WIN 95, 98, ME, NT, 2000). En principio, las tarjetas y el software son iguales que en las máquinas universales de ensayo, con las ampliaciones específicas para las funciones y valoraciones que requieren los ensayos en tornillería.



Fig. 3.3. Ensayos de tornillería.

1.5.2 MÁQUINA PARA ENSAYO DE TORSIÓN, 200 NM (GUNT HAMBURG).

El equipo sirve para el ensayo de torsión de diferentes materiales hasta la rotura. Se mide el momento de comprobación y el ángulo de giro. Como probetas se emplean **varas** de diferente longitud y diámetro. El momento se aplica mediante un motor reductor de alta desmultiplicación que, gracias al convertidor de frecuencia, ofrece cuatro diferentes velocidades de impulsión. Un calibre extensoétrico suministra el par como señal eléctrica, un transmisor de giro opto electrónico registra el ángulo de torsión. Un monitor LC muestra digitalmente ambos valores.

El momento se transmite a las varas de muestra mediante bocas de llaves enchufables usuales. El estribo es corredizo para adaptación a diferentes longitudes de probetas.

La placa de base está reforzada contra la torsión con perfiles de caja. Una cubierta transparente de plástico protege contra trozos rotos disparados.



Fig. 3.4. Máquina para ensayo de torsión, 200 Nm (gunthamburg).

Datos técnicos:

Par de comprobación máx.: 200Nm, velocidades de comprobación: 50, 100, 200, 500rpm, longitud de probeta: máx. 300mm, mandril: hexágono 19mm, medición del par de torsión, calibre extenso métrico: 0...199,9Nm, transmisor del ángulo de torsión absoluto, opto electrónico, rango de medición: 0...3200°, resolución 0,1°, Interface de PC: RS232, convertidor de frecuencia con 4 regímenes fijos, potencia motor: 0,12kW

Dimensiones y pesos:

- L x An x Al: 1100 x 550 x 450 mm.
- Peso: aprox. 110 kg

Conexiones:

230V, ~50Hz

Volumen de suministro:

- 1 aparato de ensayo de torsión
- 3 varas de ensayo
- 1 instrucciones de ensayo

1.5.3 MÁQUINARIA MANUALES PARA PRUEBAS DE TORSIÓN.

Esta máquina de torsión, está destinada a ser usada en los Laboratorios de Ensayo de Materiales, en las Escuelas de Ingeniería Industrial, Civil, Eléctrica, Mecánica, etc.

Especificaciones:

Capacidad: Hasta 1,500 kg. - cm.

Posee: Un registro de la carga: electrónico con indicación digital del valor del par, voltaje: 115 V, longitud Máxima de Probeta: 225 mm, diámetro Máximo de Probeta: 9.525 mm

(ACERO), área ocupada en Mesa de Trabajo: 29 cm. * 85 cm, altura Máxima: 40 cm, relación del Reductor: 1:60, capacidad del fusible: 0.75 A, aceite para el Reductor: SAE-90

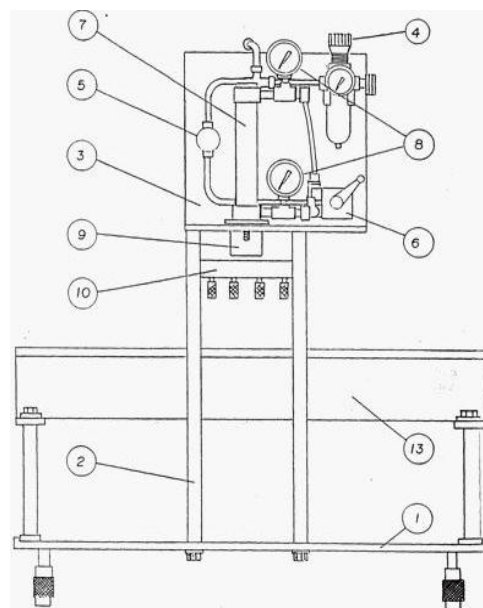


Fig. 3.5. Esquema global del Módulo de Leyva.

La máquina consta de una barra (1), que soporta todas las partes de la misma. Las patas ajustables (2), permiten la nivelación de la máquina. Los mandriles (3, 4) son para fijar las probetas. Del lado derecho de la máquina, se tiene un reductor de velocidad, de tornillo sinfín y rueda helicoidal, en cuya fecha de salida está montado un mandril (3). La base del reductor, está fija en la barra (1) y fijarlo, si se desea, en cualquier punto con la palanca (6) y la cuña (7). El transportador (8) mide aproximadamente los ángulos totales de torsión de la probeta. El volante (9) montado en la flecha de entrada del reductor, permite aplicar el par de torsión. Del lado izquierdo de la máquina, se tiene el cabezal con el otro mandril (4) y el sistema electrónico de registro.

Este sistema de registro, emplea como transductor una celda de carga (10) unida al mandril (4) mediante un eje (11), montado sobre baleros (12) para reducir al mínimo la fricción. La cubierta (13) contiene también las partes electrónicas del sistema de registro de la carga. En el display (14) se puede leer el valor del par aplicado a la probeta en kg. - cm. En el lateral derecho, se tiene un interruptor para encender/apagar la máquina (15). En la parte trasera, el

fusible de protección (16) y la clavija para conectar la máquina en 115 V. (17). Finalmente, en el lateral derecho del cabezal, se encuentra el ajustador a cero del sistema (18).

A) INSTALACIÓN.

La máquina puede quedar convenientemente instalada sobre una mesa firme. No requiere anclaje, pero si conviene tener cerca un contacto de 115 V. /60 HZ. El equipo se suministra sin aceite en el reductor, por lo que es conveniente ponerle el necesario de (SAE-90).

B) ACCESORIOS.

La máquina se complementa con un "TORSIOMETRO" que permite medir ángulos directamente sobre la probeta.

C) OPERACIÓN DE LA MÁQUINA.

La probeta se coloca entre las mordazas. Se ajusta primero el mandril del lado del cabezal de medición (4) y luego girando el volante (9) se alinean el mandril opuesto (3) y se aprieta. Se hace girar el transportador (8) para ponerlo en la posición de cero. Se enciende la maquina unos 15 minutos antes de empezar a usarla, para permitir que el registrador electrónico entre en régimen. Al encender la máquina, se verá iluminada la pantalla (14). La máquina está lista para aplicar carga a la probeta, lo cual se hace girando el volante (9). Hay que tener en cuenta que una vuelta del volante, corresponde a 6° de torsión de la probeta. Es conveniente aplicar la carga de incrementos de torsión de la probeta de 0.2 a 1.0 grados, por cada incremento, según el material de que se trate.

Sugerencia para incremento de deformación para distintos materiales:

Tabla.1.2. Materiales utilizados.

MATERIAL	INCREMENTO (GRADOS)
Acero al C. 0.15 %	0.5

Acero al C. 0.15 % Normalizado	0.2
Acero al C. 0.4 %	0.5
Acero al C. 0.4 % Normalizado	0.4
Hierro Vaciado	0.5
Latón	1.0
Aluminio	

El par de torsión se transmite a la probeta y de ésta al sistema electrónico de medición que muestra en la pantalla (14) el valor del par de torsión en kg. - cm.

1.6 ELEMENTOS DE RESISTENCIA DE MATERIALES³.

1.6.1 ESFUERSOS COMBINADOS.

1.6.1.1 Esfuerzo:

Es la caracterización de la intensidad de las fuerzas que causan el estiramiento, aplastamiento o torsión, generalmente con base en una "fuerza por unidad de área".

1.6.1.2 Deformación:

Describe el cambio de forma resultante.

1.6.1.3 Ley de Hooke:

La deformación es proporcional a la fuerza aplicada, y se calcula:

$$\text{Esfuerzo} / \text{Deformación} = \text{Módulo de Elasticidad} \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

³Resistencia de materiales. P. A Stiopin, Pág 80.

1.6.1.4 Tensión:

Cuando sobre un elemento actúa una fuerza externa perpendicular a su sección transversal, el efecto que produce es un alargamiento longitudinal al que se le asocia una disminución en la sección transversal.

1.6.1.5 Esfuerzo de tensión:

En la sección transversal como el cociente de la fuerza (perpendicular) y el área de la sección:

$$\text{Esfuerzo de tensión} = F / A. (\text{Ecuación 4.2})$$

1.6.2 EFECTOS INTERNOS DE LAS FUERZAS.

1.6.2.1 Tensiones Simples:

Se dice que un cuerpo está sometido a tensiones simples cuando se considera que a las fuerzas o fuerza a que está sometido, solamente opone una de las resistencias citadas.

1.6.2.2 Tracción.

Una barra recta de sección A, sometida a la acción de dos fuerzas F iguales, que actúan según su eje y en sentido opuesto dirigidas al exterior como indica la figura 4.1, se alarga o estira y sufre una tensión longitudinal uniforme de tracción, de valor:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (\text{Ecuación 4.3})$$

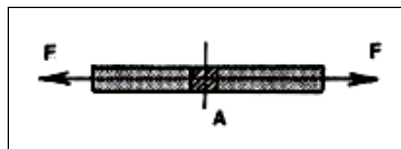


Fig. 4.1. Barra sometida a tracción.

1.6.2.3 Compresión.

Una barra recta de sección A, sometida a la acción de dos fuerzas F iguales, que actúan según su eje y en sentido opuesto dirigidas al interior, como indica la figura 4.2, se contrae y sufre una tensión longitudinal uniforme de compresión, de valor:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (\text{Ecuación 4.4})$$

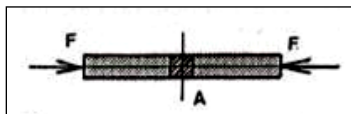


Fig. 4.2. Barra sometida a compresión.

1.6.2.4 Flexión.

Si una barra está sometida a la acción de una fuerza F, perpendicularmente a su eje se dobla o flexa, y considerando la flexión pura, sufre una tensión longitudinal variable, de valor máximo:

$$\sigma_{\max} = \pm \frac{M}{W} \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (\text{Ecuación 4.5})$$

Donde, M es el momento flector (Kg.cm) y W el momento resistente de la barra (cm³).

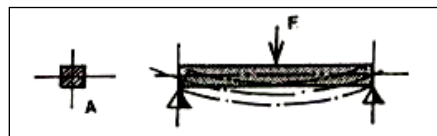


Fig. 4.3. Barra sometida a flexión.

1.6.2.5 Cortadura.

Una barra de sección A, sobre la que actúan dos fuerzas F iguales y dirigidas en sentido opuesto perpendicular a su eje en el mismo plano (Figura 4.4), que tienden a separar las dos

porciones que hay a cada lado del plano de cortadura, sufre en este plano una tensión transversal uniforme, de valor:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (\text{Ecuación 4.6})$$

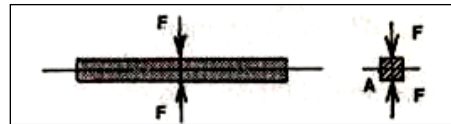


Fig. 4.4. Barra sometida a cortadura.

1.6.2.6 Torsión.

Si sobre una barra de sección A, actúan dos pares de fuerza F, en sentido opuesto y perpendicularmente al eje como indica la figura 4.5, éstos tienden a hacer girar cada sección transversal respecto a las demás, sometiendo a las secciones de la barra a una tensión transversal uniforme, de valor:

$$\tau = \frac{M_t}{W_t} \quad (\text{Kg/cm}^2) \quad (\text{Ecuación 4.7})$$

Dónde: M_t es el momento de torsión (Kg.cm) y W_t es el módulo de torsión de la barra (cm^3).

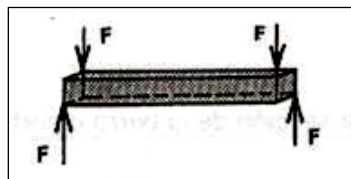


Fig. 4.5. Barra sometida a torsión.

1.7 ACEROS.

1.7.1 CLASIFICACION DE LOS ACEROS PARA HERRAMIENTAS:

En este grupo se incluyen teóricamente todos los aceros que pueden emplearse para la fabricación de herramientas. Sin embargo, en la práctica, la aplicación de este término queda limitada a los aceros especiales de gran calidad utilizados en la fabricación de útiles o herramientas destinados a trabajar los materiales por corte o por presión.

Hay diversos procedimientos que pueden servir para agrupar los aceros de herramientas. Uno de ellos los clasifica en función del medio de temple utilizado:

1. Aceros de temple en agua.
2. Aceros de temple en aceite.
3. Aceros de temple al aire.

El contenido en elementos de aleación también puede servir para agrupar los aceros, y en función de él se dividen:

1. Aceros de herramientas al carbono.
2. Aceros de baja aleación.
3. Aceros de aleación media.

Finalmente, en función de la aplicación que van a tener, se clasifican:

1. En aceros rápidos.
2. Aceros para trabajos en frío.

Los aceros de herramientas más comúnmente utilizados han sido clasificados en seis grupos principales, y dentro de ellos en subgrupos, todos los cuales se identifican por una letra en la forma siguiente:

1. Aceros de temple al agua \rightarrow W.
 2. Aceros para trabajos de choque \rightarrow S.
-

3. Aceros para trabajos en frío → O Aceros de temple en aceite.

3.1. Aceros de media aleación temple aire → A.

3.2. Aceros altos en cromo y en carbono → D.

4. Aceros para trabajos en caliente → H Aceros del tipo.

5. Aceros rápidos → T Aceros al tungsteno.

5.1. Aceros al molibdeno → M

6. Aceros para usos especiales L Aceros de baja aleación

6.1. Aceros al tungsteno → F

6.2. Aceros para moldes → P

1.7.2 ELECCIÓN DE LOS ACEROS DE HERRAMIENTAS:

En la mayoría de los casos nos encontramos con que son varios tipos e incluso las familias de aceros que nos resolverían satisfactoriamente un determinado problema de herramientas, lo que hace que la selección se base en otros factores, tales como productividad prevista, facilidad de fabricación y costo. En última instancia es el costo de las herramientas por unidad de producto fabricado el que determina la selección de un determinado acero.

1.7.3 PROPIEDADES MECÁNICAS

Los aceros de herramientas, además de utilizarse para la fabricación de elementos de máquinas, se emplean para la fabricación de útiles destinados a modificar la forma, tamaño y dimensiones de los materiales por arranque de viruta, cortadura, conformado, embutición, extrusión, laminación y choque.

1.7.3.1 Penetración del temple.

La mayor o menor penetración del temple es función de la templabilidad de cada clase de acero en particular. La clasificación dada en función de la templabilidad está establecida en el supuesto de que se utilicen los medios de temple recomendados. Los aceros de temple

superficial, entre los que se encuentran los aceros de herramientas al carbono, los aceros al tungsteno, se templen por lo general en agua. La templeabilidad de los aceros aumenta con el contenido en elementos de aleación, excepto en el caso del cobalto, el cual es único elemento que la hace disminuir. Para que en una sección grande la tenacidad tenga en toda ella un valor elevado, conviene elegir un acero de alta aleación.

1.7.3.2 Tenacidad.

En el caso de los aceros de herramientas, el término tenacidad se refiere más a la capacidad de sufrir golpes sin rotura que a la facultad de absorber energía durante la deformación. La mayor parte de las herramientas tienen que ser piezas rígidas, y por lo general cualquier deformación que presenten, por pequeña que sea, las hace inservibles.

Los aceros de herramientas con contenidos en carbono medios y bajos, son los que presentan mejor tenacidad y constituyen el material utilizado en la fabricación de herramientas resistentes al choque.

1.7.3.3 Dureza en caliente.

Esta propiedad expresa la resistencia que presenta el acero al ablandamiento a temperaturas elevadas, y viene reflejada, en cierto modo, por la resistencia que ofrece el material al revenido, la cual constituye un factor importante a considerar en la elección de los aceros de herramientas que trabajen a más de 500°C es fundamental que posean aleación, formadores de carburos duros y estables, mejora generalmente la resistencia al ablandamiento a temperaturas elevadas, destacando en este sentido los aceros que contienen grandes cantidades de tungsteno, cromo y molibdeno.

1.7.3.4 Maquinabilidad.

Esta propiedad indica la mayor o menor facilidad que presenta el material a su mecanización y a la obtención de un acabado perfecto. Los factores que influyen en la maquinabilidad de los aceros de herramientas son la dureza en estado de recocido, la microestructura del acero y la cantidad de carburos presentes.

En comparación con los aceros aleados normales, los aceros de herramientas son mucho más difíciles de mecanizar.

El acero de herramienta que presenta mejor maquinabilidad tiene un índice aproximadamente igual al 30%, por lo tanto como referencia para comparar la maquinabilidad de los distintos aceros de herramientas. La maquinabilidad y facilidad de trabajo de los aceros de herramientas disminuye al aumentar el contenido de carbón y elementos de aleados.

Conforme aumenta el contenido en carbono y elementos de aleación en los aceros, carbono en combinación con elementos que tienen gran tendencia a formar carburos, como el vanadio, el tungsteno, el cromo y el molibdeno, reduce la maquinabilidad al formarse gran número de partículas duras de carburo, que no se disuelven en el recocido.

1.7.3.5 Resistencia a la descarburación

Ya que ésta determina la instalación a utilizar en el tratamiento térmico, y la cantidad de material que es necesario quitar de la superficie después del temple. La descarburación tiene lugar normalmente cuando los aceros se calientan a temperaturas superiores a 704°C t salvo que el material se proteja en el calentamiento por algún procedimiento, como, por ejemplo, mediante la utilización de una atmósfera protectora, es probable que la superficie del acero pierda algo de carbono.

Esta descarburación es la causa de que en el temple la superficie no se endurezca, sino que quede blanda.

Los aceros de herramientas al carbono son los que menos se descarburan. Los aceros para la fabricación de herramientas para trabajos de choque presentan una resistencia a la descarburación baja; los utilizados en las herramientas para trabajos en caliente se consideran que tienen una resistencia mediana, y la mayoría de los restantes aceros de herramientas ofrecen una resistencia a la descarburación buena.

1.7.3.6 Resistencia al desgaste.

A. Aceros para usos especiales.

Los aceros al tungsteno presentan una resistencia al desgaste muy bueno, utilizándose para la construcción de herramientas de bruñir, hileras de trefilar matrices de estampar y matareis para extrusión en frío.

Los aceros de baja aleación especialmente los que contienen níquel, destacan por su tenacidad. Se utilizan para la fabricación de herramientas y piezas sometidas a golpes fuertes, como ocurre con las cuchillas de las cizallas, rodillos de laminar roscas, algunas piezas de los embragues y trinquetes y uñas de retenida de los divisores.

Los aceros para moldes se utilizan para la fabricación de troqueles para la industria de plásticos, los cuales se conforman por punzonado o por un proceso mixto de punzonado y mecanizado.

B. Tratamiento térmico de los aceros de herramientas.

El calentamiento de estos aceros debe realizarse efectuando el calentamiento lentamente. O bien precalentando el material a una temperatura más baja antes de introducirlo en un horno a elevadas temperaturas. A veces se colocan las piezas a tratar en un horno frío, calentándose simultáneamente el horno y las piezas hasta alcanzar la temperatura requerida. En cualquier caso, es importante que la pieza permanezca a la temperatura adecuada el tiempo necesario para que se caliente uniformemente toda su masa.

Debe procurarse no calentar el acero de herramientas a temperaturas demasiado altas ni mantenerlo a temperatura demasiado tiempo para evitar los sobrecalentamientos.

El procedimiento y los medios de temple utilizados varían según el tipo de acero a tratar y la velocidad de enfriamiento requerida, los aceros al carbono y de baja aleación se templean en salmuera o agua, y los aceros de alta aleación en aceite, aire a sales fundidas.

Es conveniente efectuar el revenido de los aceros de herramientas inmediatamente después de templearlos y antes de que se hayan enfriado a la temperatura ambiente, para reducir al mínimo el peligro de formación de grietas, debidas a las tensiones originadas en el temple.

C. Rotura de las herramientas

Proyecto defectuoso de la herramienta: La forma de la herramienta puede ser causa de su rotura bien en el tratamiento térmico o una vez en servicio. Cuando una herramienta tenga que templarse en un medio refrigerante líquido hay que evitar que la pieza presente cambios bruscos de sección.

Mala calidad del acero: Pese al cuidadoso control que se ejerce durante la fabricación del acero y a la inspección a que se le somete, de vez en cuando pueden aparecer defectos en el acero.

Estos pueden ser zonas porosas debidas a la contracción que tiene lugar durante la solidificación del lingote y que se conocen como venteaduras o sopladura, o bien sojas o pliegues debidos a la segregación o inclusiones no metálicas.

Tratamiento térmico defectuoso: Este factor es causa de gran parte de los fracasos de las herramientas. Las herramientas tienen que manejarse con todo género de precauciones durante el temple y después de él.

Defectos debidos al rectificado: El rectificado de la superficie de una herramienta templada puede dar origen a la creación de tensiones muy elevadas, cuya magnitud puede ser suficiente para que se formen grietas.

Roturas debidas a sobrecargas mecánicas y al proceso de trabajo.

Entre los factores mecánicos que pueden originar la rotura de las herramientas se encuentran las sobrecargas, las cuales pueden ser accidentales o estar motivadas por una concentración excesiva de tensiones, o por una alineación o ángulo de incidencia de la herramienta inadecuada.

1.8 CADENAS DE TRANSMISIÓN.

Para la transmisión de torque de una máquina motriz a una máquina conducida, existen al menos tres métodos muy utilizados que son:

Transmisión con engranajes, correas flexibles de caucho reforzado y cadenas de rodillos.

Dependiendo de la potencia, posición de los ejes, relación de transmisión, sincronía, distancia entre ejes y costo; se seleccionará el método a utilizar.

Los pasos siguientes lo guiarán en la selección de una transmisión utilizando cadenas de rodillos para conectar dos ejes.

Al comienzo se requieren los siguientes datos:

Potencia requerida en la máquina conducida [HP]

Tipo de máquina motora y máquina conducida

Velocidad de la máquina motora [rpm]

Velocidad de la máquina conducida [rpm]

Distancia tentativa entre ejes

CÁLCULO DE LA POTENCIA DE DISEÑO

Debido a que las máquinas conducidas tienen formas particulares de funcionamiento, se deben prevenir fallas debidas a los golpes, vibraciones o tirones.

De forma similar, las máquinas motoras tienen formas particulares de funcionamiento, algunas son más suaves que otras, o tienen un impulso inicial o un giro a tirones.

Estas situaciones se consideran a través de un factor de servicio (C_1) que aumenta la potencia a transmitir para obtener la potencia de diseño que considera las características de la máquina y el motor utilizado.

En la tabla 1.3 se escoja el motor utilizado y la máquina que más se asemeja a su diseño.

Se obtiene así el factor C_1 , el cual se multiplica por la potencia a transmitir, para obtener la potencia de diseño.

Tabla.1.3. Factores de servicio para cadena.

Factor de servicio C1 para cadenas de norma BS.	Motores de funcionamiento suave.	Motores de funcionamiento medio impulsivo.	Motores de funcionamiento impulsivo.
	Motores eléctricos.	Motores de combustión multicilíndricos.	Motores de combustión monocilíndricos
Máquinas de carga constante			
Agitadores y mezcladores de líquidos y semilíquidos Alternadores y generadores Sopladores, extractores y ventiladores (centrífugos y de tamaño mediano) Compresores centrífugos Elevadores y transportadores con carga uniforme Maquinaria de industria de alimentos Bombas centrífugas Máquinas de imprentas	1,00	1,25	1,50
Máquinas de carga no constante			
Agitadores y mezcladores de soluciones sólido-líquido. Sopladores, extractores y ventiladores de gran tamaño. Mezcladoras de cemento. Compresores de más de 3 cilindros. Grúas, Transportadores y elevadores con carga no uniforme. Bombas de dragado. Maquinaria de lavandería. Máquinas, Herramientas, Molinos	1,25	1,50	1,75
Máquinas de funcionamiento disperejo			
Alternadores y generadores de soldadoras Compresores de uno o dos cilindros Excavadoras, Trituradoras, Alimentadoras vibratorias, Sierras circulares y lineales, Molinos de martillos y de mandíbula, Maquinaria minera.	1,75	2,00	2,25

La razón entre la velocidad del eje más rápido dividido por la velocidad del eje más lento, es la relación de transmisión "i". Se indica como "1: i". Con este valor se obtiene el tamaño de las catalinas a utilizar. La relación "i" debe corresponder a la razón entre la cantidad de dientes de la catalina grande (la del eje más lento) denominada corona dividida por la cantidad de dientes de la catalina pequeña (la del eje más rápido) denominada piñón. $i = Zc / Zp$

Zc: Cantidad de dientes de la corona.

Zp: Cantidad de dientes del piñón.

Para el piñón se recomienda una cantidad mínima de 15 dientes para un giro más suave de la corona. Para esta selección se considerarán 19 dientes en el piñón. De esta forma:

$$i = Zc / 19$$

Como este valor de "i" no va a coincidir con el calculado se escoge Zc lo más cercano al ideal. Existen catalinas de stock pero generalmente hay que fabricar aquellas con cantidad de dientes no estándar.

Compruebe en la tabla 1.4 si el diámetro del eje que se conectará al piñón tiene un tamaño adecuado, de ser muy grande, debe escoger un piñón con más dientes:

Tabla 1.4. Pasos de cadenas.

Paso de la cadena:	3/8"											
Zp de stock	19	20	21	23	25	30	38	57	76	95	114	150
Eje de diámetro máximo	28	32	35	42	42	35	42	45	45	50	50	50
Paso de la cadena:	1/2"											
Zp de stock	19	20	21	23	25	30	38	57	76	95	114	
Eje de diámetro máximo	42	45	48	48	48	45	50	50	50	50	50	
Paso de la cadena:	5/8"											
Zp de stock	19	20	21	23	25	30	38	57	76	95	114	

Eje de diámetro máximo	50	50	55	55	55	50	50	50	50	50	75	
Paso de la cadena:	3/4"											
Zp de stock	19	20	21	23	25	27	30	38	57	76	95	114
Eje de diámetro máximo	55	55	55	55	55	55	55	50	55	55	65	75
Paso de la cadena:	1"											
Zp de stock	19	20	21	23	25	30	38	57	76	95	114	
Eje de diámetro máximo	75	75	75	75	75	75	65	75	75	75	100	
Paso de la cadena:	1 1/4"											
Zp de stock	19	21	23	25	38	57	76					
Eje de diámetro máximo	90	90	90	90	90	95	100					
Paso de la cadena:	1 1/2"											
Zp de stock	19	21	23	25	38	57	76					
Eje de diámetro máximo	100	100	100	100	100	110	125					
Paso de la cadena:	1 3/4"											
Zp de stock	19	21	23	25	38	57	76					
Eje de diámetro máximo	110	110	110	110	110	125	140					
Paso de la cadena:	2"											
Zp de stock	19	21	23	25	38	57	76					
Eje de diámetro máximo	125	125	125	125	125	140	150					

El tamaño de una cadena está representado por la separación entre ejes de los rodillos, llamada paso (P), existen en la serie BS (British Standard) los pasos: 3/8" (9,525mm), 1/2" (12,70mm), 5/8" (15,875mm), 3/4" (19,05mm), 1" (25,40mm), 1 1/4" (31,75mm), 1 1/2" (38,10mm), 1 3/4" (44,45mm) y 2" (50,80mm) que son los de uso más común.

Además las cadenas pueden ser de una, dos ó tres hileras de cadenas iguales en paralelo. A mayor paso y a mayor cantidad de hileras, la cadena resiste mayor carga.

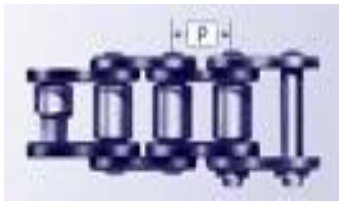


Fig. 6.1. Cadena de una hilera.

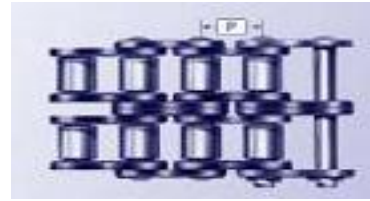


Fig. 6.2. Cadena de dos hileras.

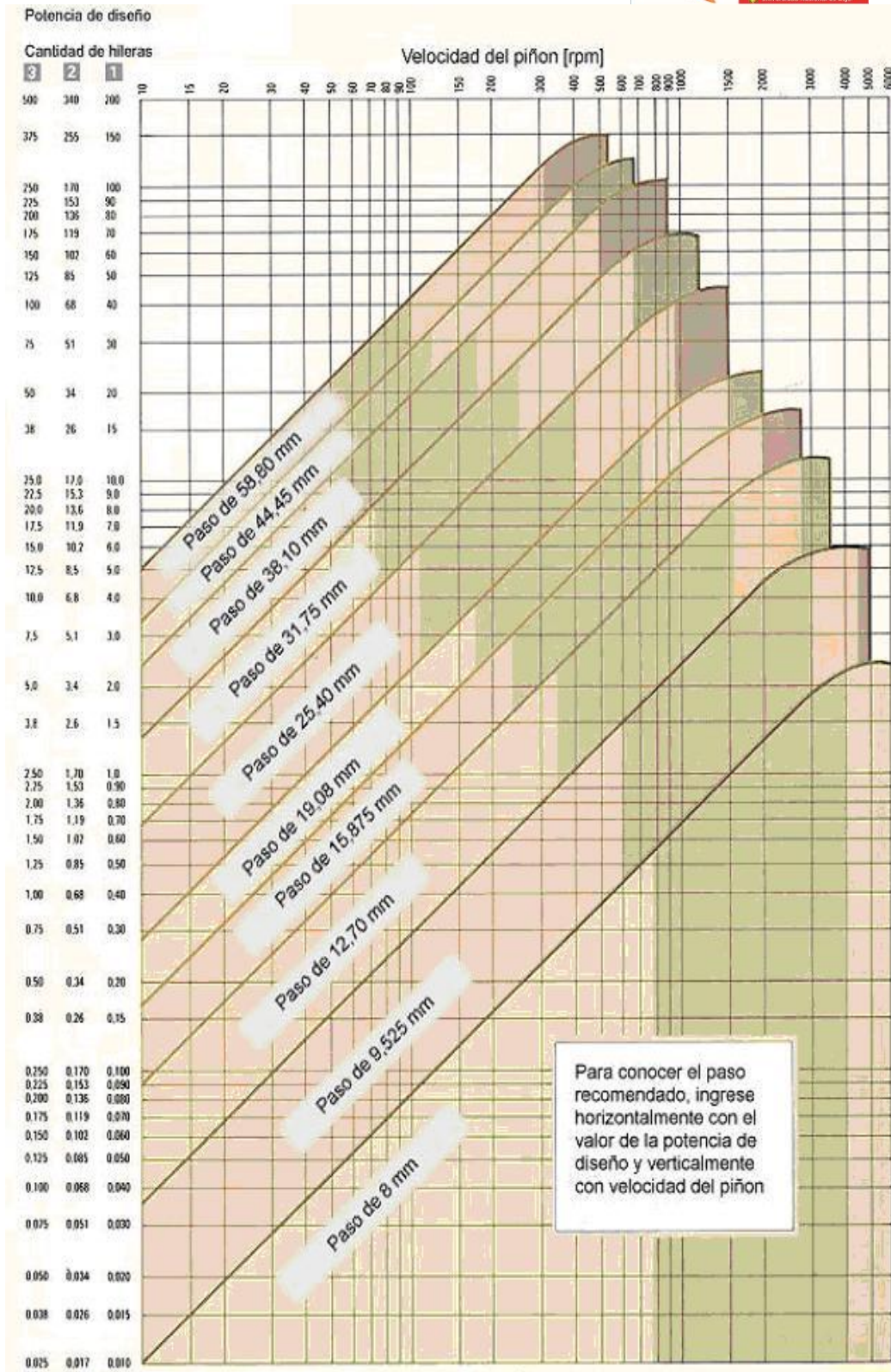


Fig. 6.3. Cadena de tres hileras.

Con el valor de la potencia de diseño ($C1 \cdot \text{Potencia a transmitir}$) y la velocidad del eje rápido, se consulta el gráfico siguiente, en donde las columnas de la izquierda indican la potencia que puede transmitir una cadena simple, una de doble hilera y una de triple hilera.

Se ubican en estas 3 columnas el valor de la potencia de diseño en [kW], se mueve horizontalmente hasta la velocidad del eje rápido (generalmente la velocidad del piñón). Se determinan de esta forma, 3 puntos ubicados sobre los gráficos.

Cada paso está representado por una zona de igual color, los 3 puntos indican el paso que se recomienda usar.



Nomograma. 1.1. Pasos de una cadena

Para una vida útil adecuada se recomiendan las siguientes distancias entre centros (C): tabla 1.5.

Tabla 1.5. Distancias entre centros.

Paso	[inch]	3/8	1/2	5/8	3/4	1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2
	[mm]	9,525	12,70	15,875	19,05	25,40	31,75	38,10	44,45	50,80
C	[mm]	450	600	750	900	1000	1200	1350	1500	1700

El largo de una cadena se expresa en cantidad de pasos, los cuales deben ser una cifra par con objeto de unir los extremos usando un eslabón desmontable llamado "candado".



Fig. 6.4. Candados y eslabones de una cadena.

La fórmula para el largo de la cadena "L" es:

$$L = (Z_p + Z_c) / 2 + A + X/A + Y \quad \text{donde: } A = (2 * C) / P$$

Z_p: Cantidad de dientes del piñón.

Z_c: Cantidad de dientes de la corona.

P: Paso de la cadena.

C: Distancia entre centros.

X: Factor obtenido de la tabla siguiente en función de (Z_c - Z_p).

Y: Valor a agregar para que "L" sea una cifra entera y par.

1.9 DISPOSITIVOS DE PROTECCION, REGULACION, CONTROL Y MEDIDA⁴.

1.9.1 INTERRUPTOR MAGNÉTICO.

Son dispositivos de corte de la corriente en el que se apaga el arco por medio de un campo magnético.

1.9.2 INTERRUPTOR MANUAL.

Son dispositivos de corte de la corriente eléctrica operado manualmente.

1.9.3 INTERRUPTOR TERMO MAGNÉTICO.

Los interruptores termo magnéticos se utilizan, en primer término, para proteger contra sobrecargas y cortocircuitos a los cables y conductores eléctricos. De esa manera asumen la protección de medios eléctricos contra calentamientos. Bajo determinadas condiciones los interruptores termo magnéticos también garantizan la protección contra descargas peligrosas por tensiones excesivas de contacto originadas por defectos de aislamiento.

Por medio de los ajustes fijos de corrientes de diseño también se posibilita una protección restringida de motores eléctricos. Para cada caso de aplicación se dispone de distintas características de disparo. Para las aplicaciones en la industria y en instalaciones eléctricas se complementan los interruptores termo magnético con componentes adicionales de sencillo montaje acoplado, como por ejemplo: contactos auxiliares, contactos de señalización de fallas o alarma, bobinas de apertura, bobinas de mínima tensión, bloques diferenciales y accesorios de fácil montaje, como sistemas de barras colectoras y piezas de montaje.

Los interruptores termo magnéticos disponen de un disparador térmico con retardo, dependiente de la sobrecarga en función del tiempo, para sobre intensidades bajas; y un disparador electromagnético sin retardo para sobre intensidades mayores y de cortocircuito.

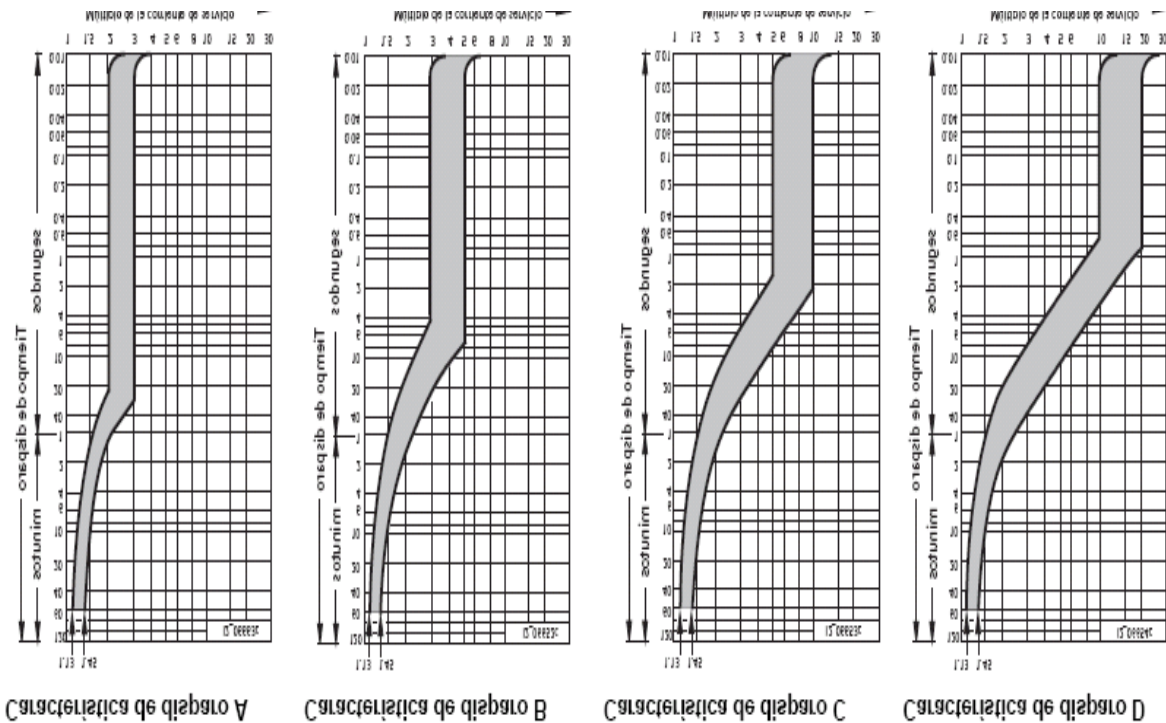
⁴Equipo técnico EDBE, (Pomas Vidondo, Claudino Álvarez) Tecnología, Pág 61

1.9.3.1 Principio de funcionamiento.

Debido a la extrema velocidad de separación de los contactos en caso de fallas y a la rápida extinción en las cámaras apaga chispas, del arco voltaico generado, los interruptores termo magnéticos desconectan con seguridad, limitando fuertemente la intensidad de la corriente.

Con ello se bajan, por lo general, los valores límites admisibles de $I^2 = t$

Tabla 1.6. Características de disparo de interruptores termo magnéticos.



- Características de disparo A**
- para protección limitada de semiconductores
 - para protección de circuitos de medición con transformadores
 - para protección de circuitos con conductores de gran longitud y con el requerimiento de desconexión en 0,4 s según la

- Características de disparo B**
- para protección de conductores principalmente en circuitos de tomacorrientes, no se requiere comprobación de la protección de personas

- Características de disparo C**
- protección general de conductores, especialmente ventajoso en elevadas corrientes de arranque (lámparas, motores, etc.)

- Características de disparo D**
- el rango de disparo magnético esta adaptado a elementos que generan fuertes impulsos de corriente de conexión (transformadores, válvulas electromagnéticas)

1.9.4 VARIADOR DE FRECUENCIA (SINAMICS G110)



Fig. 7.1. Variador de frecuencia.

Los convertidores SINAMICS G110 son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos.

Los diferentes modelos que se suministran cubren un margen de potencia de 120 W a 3,0 Kw en redes monofásicas. Los convertidores están controlados por microprocesador y utilizan tecnología IGBT (InsulatedGate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles. Un método especial de modulación por ancho de impulsos con frecuencia de pulsación seleccionable permite un funcionamiento silencioso del motor. Extensas funciones de seguridad ofrecen una protección excelente tanto del convertidor como del motor. Con sus ajustes por defecto realizados en fabrica, SINAMICS G110 es ideal para una gran gama de aplicaciones sencillas de control de motores V/f. Haciendo uso del gran número de parámetros de ajuste de que dispone, también puede utilizarse SINAMICS G110 en aplicaciones más avanzadas para control de accionamientos. Los valores de parámetros para el SINAMICS G110 se pueden modificar con el panel BOP (Basic Operator Panel) o bien mediante la interface USS. SINAMICS G110 existe en dos variantes:

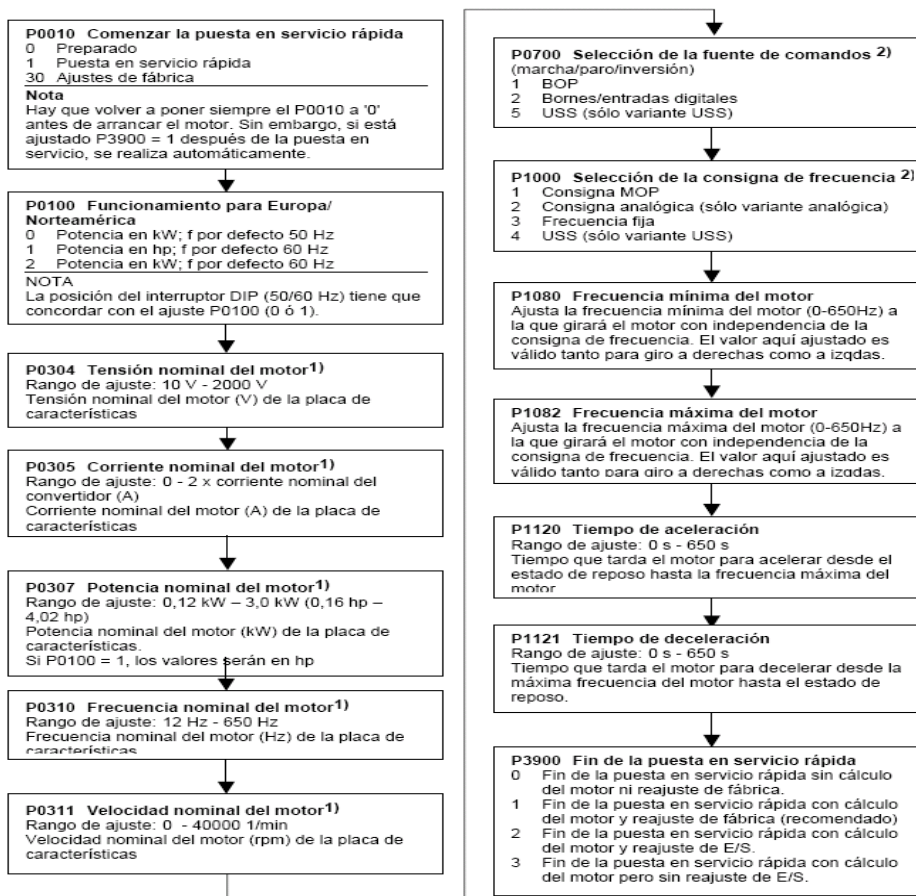
- Variante USS
- Variante analógica

Ambos modelos con o sin filtro EMC y disipador plano. El SINAMICS G110 puede utilizarse tanto en aplicaciones donde se encuentre aislado como integrado en sistemas de automatización.

Características de protección

- Protección sobretensión / subtensión
- Protección de sobre temperatura para el convertidor
- Protección de defecto a tierra
- Protección de cortocircuito
- Protección térmica del motor por I^2t
- Protección contra la pérdida de estabilidad (vuelco) del motor.

Tabla. 1.7. Diagrama de flujo para puesta en servicio rápida del variador de frecuencia.



1.9.5 AMPERÍMETRO.

Es un dispositivo que permite medir intensidad de corriente eléctrica, presentado directamente sobre su escala calibrada las unidades empleadas para ello se denomina amperios o fracciones de amperio, los amperímetros se caracterizan por:

Tener una baja resistencia.

Se los conectan en serie con el circuito a medir.

Su utilización es muy amplia ya que con independencia de su propia aplicación directa de medida, también se emplea como base para la construcción de otros instrumentos. Su funcionamiento está basado en uno de los principios fundamentales del electromagnetismo. Estos instrumentos de medida pueden ser: De bobina móvil y de hierro móvil.

Normalmente los amperímetros de bobina móvil son utilizados en las mediciones de corriente continua, en las fuentes de alimentación de laboratorios y en convertidores de corriente continua en alterna.

1.9.6 VOLTÍMETRO.

Miden diferencia de potencial (voltaje) entre los puntos en los cuales se conectan. Al igual que el amperímetro ideal, el voltímetro ideal no debería hacer cambiar la corriente y el voltaje en el circuito que se está midiendo. Esta medición ideal del voltaje solo se puede alcanzar si el voltímetro no toma corriente alguna del circuito de prueba. Sin embargo, la mayoría de los voltímetros reales trabajan tomando una corriente pequeña, pero finita y por lo mismo también perturba el circuito de prueba hasta cierto grado. Los voltímetros se caracterizan por:

Tener una resistencia alta.

Se los conectan en paralelo con el circuito a medir.

CAPÍTULO II.

CÁLCULO, DISEÑO Y SELECCIÓN

1.10 CÁLCULO DEL TORQUE NECESARIO PARA DESTRUIR UNA PROBETA NORMALIZADA.

La probeta seleccionada para el diseño de la fuerza de la máquina se muestra en la fig.2.8.

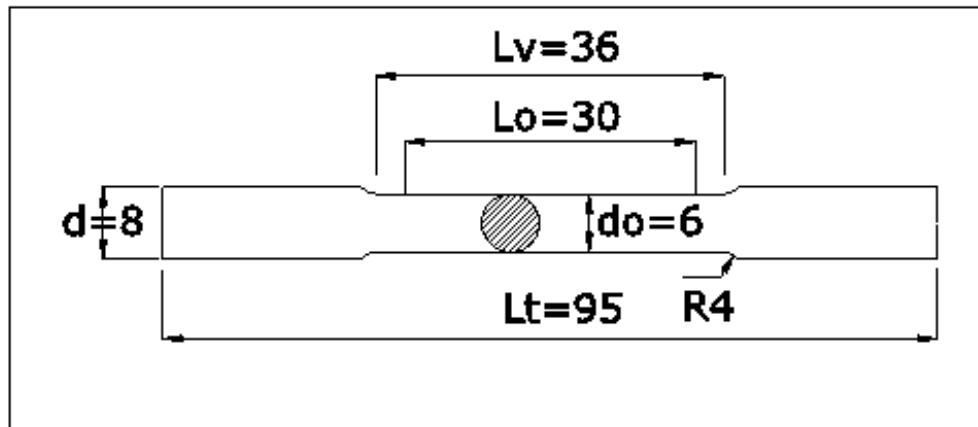


Fig.2.8. Probeta de diseño normalizada.

1.10.1 Para acero al carbono SAE 1050

$$[\tau_{ad}] = \frac{24.5kg}{mm^2} = 2450kg/cm^2$$

Asumiendo una velocidad de rotación máxima de 300RPM para la ruptura del material se tiene:

$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_R = \text{Tension de ruptura.} \\ \tau_R = \frac{M_t}{W_p} \\ M_t = \text{Momento torsor aplicado.} \\ W_p = \text{Módulo polar de inercia de la probeta.} \end{array} \right.$$

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \phi = \text{Diametro de la probeta}$$

$$\tau_R = \frac{16M_t}{\pi d^3}$$

$$M_t = \frac{\pi d^3 \tau_R}{16}$$

Si $d=0.6$ cm (ϕ normalizado de probeta según la norma ASTM)

$$M_t = \frac{\pi(0.6)^3 \text{ cm}^3 (2450 \text{ kg/cm}^2)}{16} = 103.9 \approx 104 \text{ kg} \times \text{cm}$$

Que es el momento torsor para romper la probeta

La potencia requerida es según:

$$M_t = 71620 \frac{P_R}{n_R}$$

$$P_R = \frac{M_t \times n_R}{71620} = \frac{104 \times 300}{71620} = 0.43 \text{ HP}$$

La probeta fallara cuando:

$$P = 0.43 \text{ HP}$$

$$n=300 \text{ RPM}$$

$$M_t = 104 \text{ kg} \times \text{cm}$$

Como los motores eléctricos comerciales tienen velocidades de rotación normalizadas, generalmente en 3850, 1750, 1200, 900 RPM, usaremos la velocidad de diseño en 1200 RPM por tanto, para llegar a la velocidad deseada para la prueba y tener el torque requerido se hace necesario, diseñar un sistema de reducción por cadena.

El motivo por el cual no se ha utiliza motores eléctricos con velocidades más altas es por lo siguiente:

El de 3850 y 1750; porque la transmisión por cadena sería muy grande para la estética del banco que se desea realizar, y el de 900 RPM no hay en el mercado local para su compra.

a) Cálculo y selección de la transmisión y el motor.

Por tanto calcularemos la reducción por cadena y seleccionamos el motor.

Los datos para el cálculo son:

En el eje de la probeta.

$$n = 300RPM$$

En el eje del motor.

$$n_m = 1020RPM \text{ reales del motor}$$

$$P_m = ?$$

La relación de transmisión es:

$$i = \frac{n_m}{n}$$

$$i = \frac{1020}{300}$$

$$i = 3.4$$

Se escoge una transmisión de 4

La potencia requerida en el eje del motor será.

$$\eta_m = \frac{P}{P_m}$$

$$P_m = \frac{P}{\eta_m}$$

Siendo η_m la eficiencia de la transmisión por cadena:

Tomamos:

$\eta_m = 0.9$ eficiencia de la transmisión por cadena

$$P_m = \frac{0.43}{0.9}$$

$$P_m = 0.47HP \approx 0.5HP$$

El momento será:

$$M_t = 71620 \frac{0.43}{1020}$$

$$M_t = 30.19kg \cdot cm$$

Con estos datos el motor comercial más cercano tiene las siguientes características.

$$P = 0.47HP$$

$$M_t = 30.19kg \times cm$$

Se elige el motor eléctrico de.

$$P = 0.5HP$$

$$M_t = 35.6kg \times cm$$

Con los datos del motor, realizamos los cálculos, debido a que se dispone de valores de potencia reales.

La potencia en el eje de la probeta es.

$$P = \eta_m \times P_m$$

$$P = 0.9(0.5)$$

$$P = 0.45$$

El momento torsor es.

$$M_t = 71620 \frac{0.45}{300}$$

$$M_t = 107.43 \text{ kg.cm}$$

Teniendo un factor de seguridad $\mu_m = 1.03$

Los cálculos realizados nos demuestran que el motor eléctrico de 0.5HP con un torque de 107.43kg.cm, permite realizar la prueba de torsión; porque tiene un torque mayor de 104kg.cm que es el necesario para torsionar la probeta hasta el punto de ruptura, considerando el rendimiento de la transmisión.

Para obtener la curva $\tau - \gamma$ (esfuerzo torsor – deformación transversal) se utilizara un motor con reducción de velocidad, a través del uso un variador de frecuencia de manera que permita la obtención de una tabla de valores de esfuerzo y deformación, a través de un software en el cual irá dando datos cada 65 milisegundos y será graficada en dentro del programa y todos los datos serán almacenados en una hoja de Excel cada prueba realizada para su posterior análisis.

b) Selección del variador de frecuencia.

Para realizar la salida de potencia (torque aplicado en función de la velocidad angular). La opción más recomendada en el uso de un variador de frecuencia el cual me permite variar los siguientes parámetros intensidad, voltaje y frecuencia lo cual incide directamente en la potencia mecánica del eje.

La hipótesis consiste en: al incrementar los valores instantáneos de intensidad, voltaje y frecuencia del motor hasta su régimen nominal se desarrollara de forma gradual el torque necesario para romper la probeta.

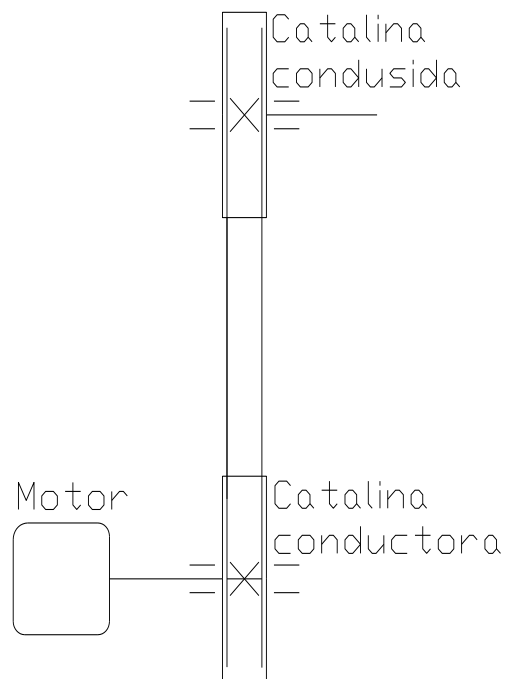
Para le selección del variador se debe considerar la potencia del motor y el voltaje del mismo, por ello se seleccionó el variador **SINAMIC G110** con una alimentación monofásica a salida trifásica, para potencias de 0,75HP (3/4HP), por factor de seguridad. Se garantiza su uso debido a que el motor tanto como el variador es de la misma casa comercial y de la misma marca (SIEMENS).

No. de Depósito	Tipo	Pot. del motor (HP) ¹⁾		Corriente de Entrada (A)	Corriente de Salida (A)	
		Par cons.	Par cuad.		Par cons.	Par cuad.
Equipos para tensión de conexión 220V						
SINAMICS G110						
111732	6SL3211-0AB13-7UA1	0,5		6.2 /	2.3	
131965	6SL3211-0AB15-5UA1	0,75		7.7 /	3.2	
131966	6SL3211-0AB17-5UA1	1		10.0 /	3.9	
131967	6SL3211-0AB21-1UA1	1,5		14.7 /	6.0	

Tabla 1.8. Selección de variador de frecuencia SIEMENS.

1.11 DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN POR CADENAS.

1.11.1 Justificación de selección del tipo de transmisión:



Esquema 2.1. Esquema del mecanismo.

La transmisión por cadenas de rodillos es la mejor opción para transmitir la potencia necesaria entre los ejes de la máquina de pruebas de torsión debido a los siguientes factores, que justifican su selección:

- ✓ Las distancias entre ejes (motriz y conducido) son relativamente grandes por lo que no conviene utilizar engranajes.
- ✓ Tienen eficacia elevada en comparación con las transmisiones por correas.
- ✓ Las cadenas no poseen tanta deformabilidad como las correas, por lo que se puede incrementar sustancialmente la capacidad de carga.
- ✓ En condiciones adecuadas no presentan deslizamiento ninguno.
- ✓ Por último tienen alto rendimiento y son de fácil montaje.

1.11.2 Condiciones de trabajo y diseño de la transmisión:

Como ya se mencionó con anterioridad, la máquina de pruebas de torsión tendrá una aplicación destinada al aprovechamiento del torque que se genera en el eje del motor, obtenido de forma gradual a través del uso de un variador de frecuencia, que nos ayudará a regular la potencia desarrollada por el motor de forma progresiva hasta alcanzar su valor nominal, e incluso valores superiores en caso de requerirlo (Factor que se logra al aumentar la frecuencia por encima de los 60Hz).

Para obtener el torque máximo deseado para las pruebas de rotura, es necesario reducir la velocidad del motor utilizando una transmisión de orden mecánico que a su vez elevará el torque final obtenido.

El torque máximo deseado en el eje conducido es de 104 Kg.cm (10.192 N.m), como ya se mencionó este valor se lo consigue aplicando una transmisión de reducción a la fuente motriz, la cual tiene una velocidad nominal (real) de 1020RPM y un torque nominal de 3.30 N.m.

Con estos datos introductorios se procede a determinar las características de la transmisión por cadena.

1.11.3 Cálculo de la relación de transmisión en función del torque necesario:

$n_1 = 1020$ **RPM motor**

$T_1 = 3.30$ Nm **Torque en el eje del motor.**

$T_2 = 10.2$ Nm **Torque necesario en eje conducido.**

$\mu_s = 1.25$ **Factor de seguridad.**

$$i = \frac{T_2 \cdot \mu_s}{T_1} = 3.864 \text{ Relación de transmisión.}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = 264 \text{ RPM}$$

Como se puede observar la relación de transmisión necesaria es igual a $3.86 \approx 4.0$, que significan 264 revoluciones por minuto en el eje conducido.

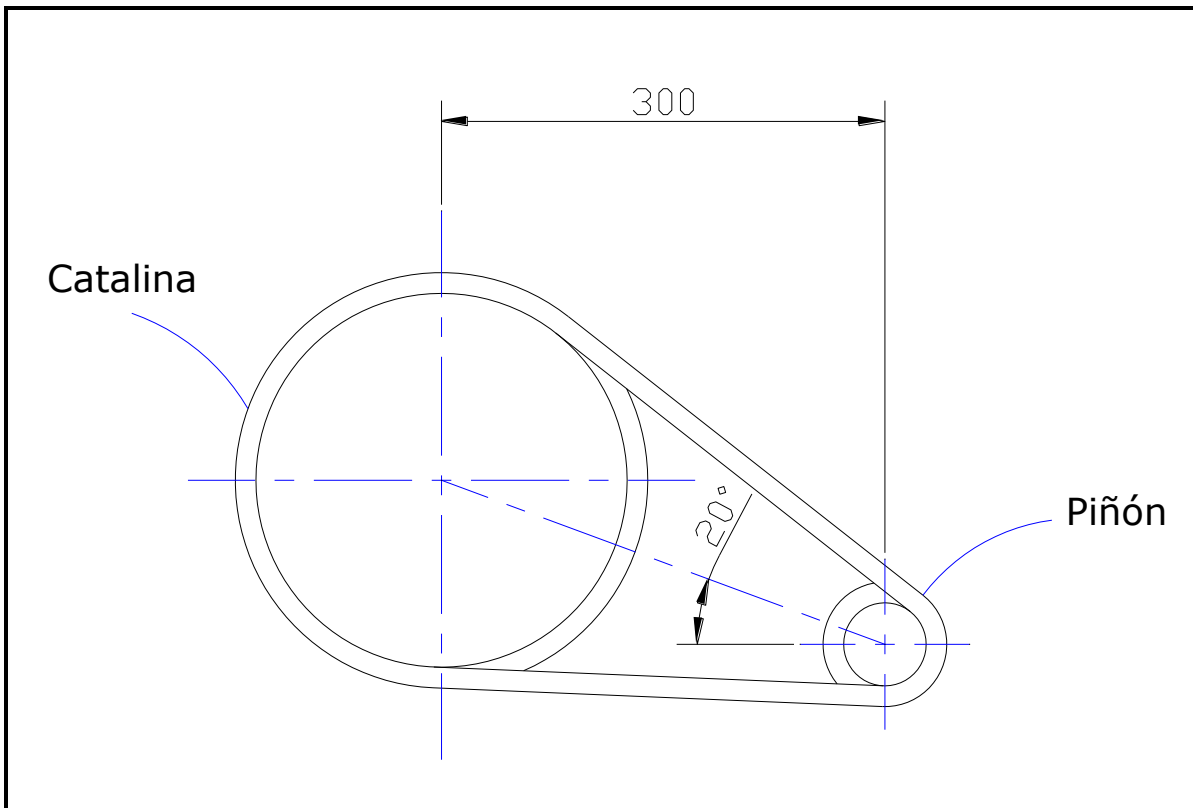
El ángulo de abrace o de cobertura mínimo de la rueda dentada (también llamada “rueda catalina”) es de unos 120° , aun cuando se puede disponer de ángulos de abrace menores en tanto que se empleen ruedas dentadas locas para ajustar la cadena y evitar que se suelte. El empleo de transmisiones de este tipo impone como convencional que la línea de centros sea horizontal (o aproximadamente horizontal) para evitar que la cadena se suelte en la rueda.

Se puede seleccionar el número de dientes de los engranes a conveniencia, tomando como factor primordial la estética y espacio ocupado por la transmisión.

En nuestro caso se considera los siguientes aspectos para la transmisión:

- Como la relación de transmisión es 4:1, utilizaremos dos ruedas catalinas; la una de 12 dientes y la otra de 48.
 - Debido a la disposición de los elementos, el ángulo formado entre la línea de los ejes es 20° .
 - La potencia a transmitir es 0.5 HP.
 - La velocidad angular del piñón es 1020 RPM.
 - La máquina motriz es un motor eléctrico, asíncrono, de corriente alterna.
 - La máquina conducida es de choque torsional y bajo choque flector.
-

➤ La distancia tentativa entre ejes es 0.3 m.



Esquema 2.2. Disposición de elementos de transmisión por cadena.

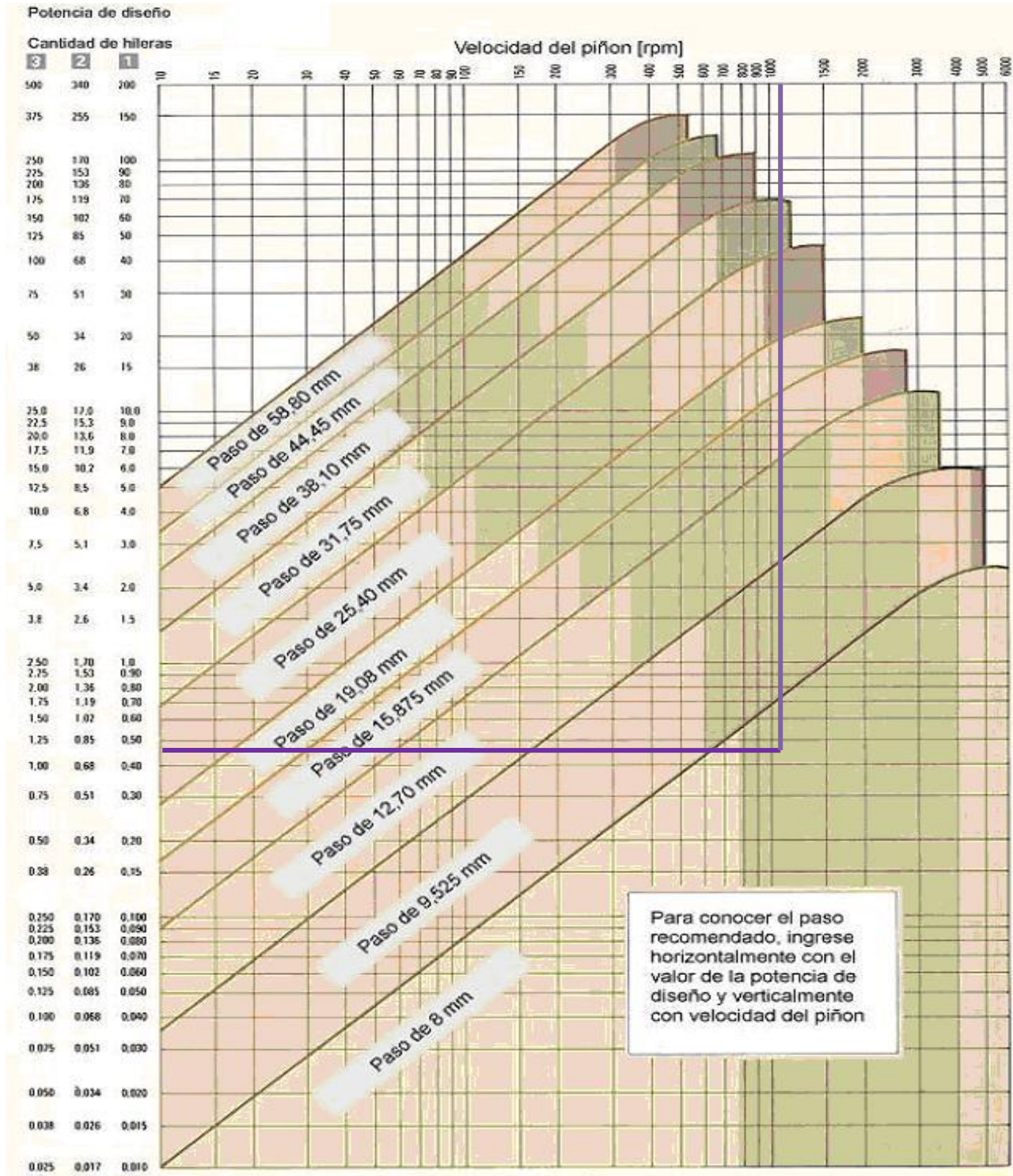
1.11.4 Determinando la potencia de diseño de la transmisión:

$P_t = 372.5 \text{ W}$, 0.372 Kw **Potencia del motor.**

$C_1 = 1.25$ **Factor de servicio.**

$P_d = P_t \cdot C_1 = 0.465 \text{ Kw}$ **Potencia de diseño.**

Con la potencia de diseño y la velocidad del piñón (catalina más pequeña), se determina en el siguiente nomograma el paso de la cadena recomendada.



Nomograma. 1.1. FUENTE: Catálogo Renold, TransmissionChains.

Como se puede observar el paso recomendado en una hilera es de 8mm, debido a cuestiones de indisponibilidad de elementos de este paso, y por el hecho de que el paso más pequeño disponible en nuestro medio es el de 12.75mm (1/2") optamos por utilizar este último tipo de cadena con piñón y catalina, el tipo de cadena seleccionado en las diferentes normas tienen las siguientes denominaciones:

- ✓ ASA 40
- ✓ DIN/ISO 08A-1
- ✓ ANSI 40

1.11.5 Determinación de los diámetros primitivos, diámetros de la cabeza de catarinas y la distancia mínima entre centros recomendada.

$t = 12.7 \text{ mm}$ **Paso de cadena.**

$Z_1 = 12$ **Número de dientes del piñón.**

$Z_2 = 48$ **Número de dientes de la catalina.**

$$D_1 = \frac{t}{\sin\left(\frac{180}{Z_1}\right)} = 49.06 \text{ mm} \text{ Diámetro del primitivo del piñón.}$$

$$D_2 = \frac{t}{\sin\left(\frac{180}{Z_2}\right)} = 194.1 \text{ mm} \text{ Diámetro del primitivo de la catalina}$$

$$D_{a1} = t \left(0.5 + \frac{1}{\tan\left(\frac{180}{Z_1}\right)} \right) = 53.74 \text{ mm} \text{ Diámetro de la cabeza del piñón.}$$

$$D_{a2} = t \left(0.5 + \frac{1}{\tan\left(\frac{180}{Z_2}\right)} \right) = 200.11 \text{ mm} \text{ Diámetro de la cabeza de la catalina.}$$

1.11.6 La distancia mínima entre centros recomendada.

$$L_c = 1.2 \left(\frac{53.74 \text{ mm} + 200.11 \text{ mm}}{2} \right) + 50 \text{ mm}$$

$$L_c = 0.202 \text{ m}$$

1.11.7 Longitud de la cadena.

Por razones de espacio se opta por una distancia entre centros mayores, la cual es igual a 0.3m. Con esta aseveración calculo el largo de la cadena, la cual es igual a:

$$L_c = \frac{Z1 + Z2}{2} + \frac{2(Dc)}{t} + \left(\frac{Z2 - Z1}{2\pi}\right)^2 \times \frac{t}{Dc}$$

$$L_c = \frac{12 + 48}{2} + \frac{2 \times 200.11}{12.7} + \left(\frac{48 - 12}{2 \times \pi}\right)^2 \times \frac{12.7}{200.11}$$

$$L_c = 63.921 \cong 64$$

En la longitud de la cadena se selecciona un número de pasos par, con el objeto de unir los extremos usando un eslabón desmontable llamado "candado".

Por último comparamos la tensión de rotura de la cadena seleccionada, con la carga de diseño en ella, con el fin de consolidar la selección previa, la tabla 1.9 nos muestra el dato mencionado y posterior se calcula la carga de diseño que soportará la cadena.

Tabla 1.9. Cargas que soporta una cadena.

SERIE AMERICANA (ASA)

Código	Dimensiones Nominales				Otras Dimensiones				Superficie de Trabajo	Carga Mínima de Rotura	Partes de Cadena		
	Paso	Diam. Rodillo	Ancho Interno	Diam. Max. Perno	Altura Max. de Placa	Centro de Calibre	Ancho Max. Perno Remach.	Max. Largo Total Perno			Peso Neto por Metro	Unión	Media Malla
	P	Dr	W	DP	Hi	Tp	A1	B			kg/m	n.	n.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm			mm ²	kg	kg/m
ASA 25	6,35	3,3	3,18	2,3	6,02	-	8	13	11	420	0,13	26	30
ASA 35	9,525	5,08	4,77	3,59	9,05	-	11,9	18,5	27	1000	0,33	26	13-30
ASA 40	12,7	7,95	7,95	3,96	12,07	-	16,5	24,3	44	1750	0,6	26	13-30
ASA 50	15,875	10,16	9,53	5,08	15,09	-	20,4	28,6	70	2650	1,01	25-26	13-30
ASA 60	19,05	11,91	12,7	5,94	18,08	-	26	35,2	105	3800	1,43	26	13
ASA 80	25,4	15,88	15,88	7,92	24,13	-	33,1	43,9	180	6600	2,57	24	14
ASA 100	31,75	19,05	19,05	9,53	30,18	-	39,9	52,1	260	10800	3,87	24	14
ASA 120	38,1	22,23	25,4	11,1	36,2	-	50,3	63,5	390	15400	5,65	24	14
ASA 140	44,45	25,4	25,4	12,7	42,24	-	53,9	68,7	470	20800	7,44	24	14
ASA 160	50,8	28,58	31,75	14,27	48,26	-	64,1	79,9	645	26200	9,74	24	14
ASA 180	57,15	35,72	35,7	17,45	54,36	-	72,5	86,8	875	36200	13,28	24	14
ASA 200	63,5	39,68	38,1	19,84	60,33	-	78,8	99,2	1090	43000	16	25	13
ASA 240	76,2	47,63	47,63	23,8	72,39	-	95,5	116,5	1610	59000	24	25	13

La tensión mencionada está en función del torque de diseño que se genera por la potencia de diseño, que a continuación se detalla:

$$P_d = 465.625W \quad \text{Potencia de diseño.}$$

$$n_1 = 1020 = 1.02 \times 10^3 \quad \text{RPM del motor.}$$

$$T = \frac{P_d}{n_1 \frac{2\pi \cdot \text{rad}}{60s}} = 4.359 Nm \quad \text{Torque de diseño de la transmisión.}$$

$$F_t = \frac{2T}{53.74mm} = 162.233 N = 16.543 Kgf \quad \text{Fuerza tangencial de diseño.}$$

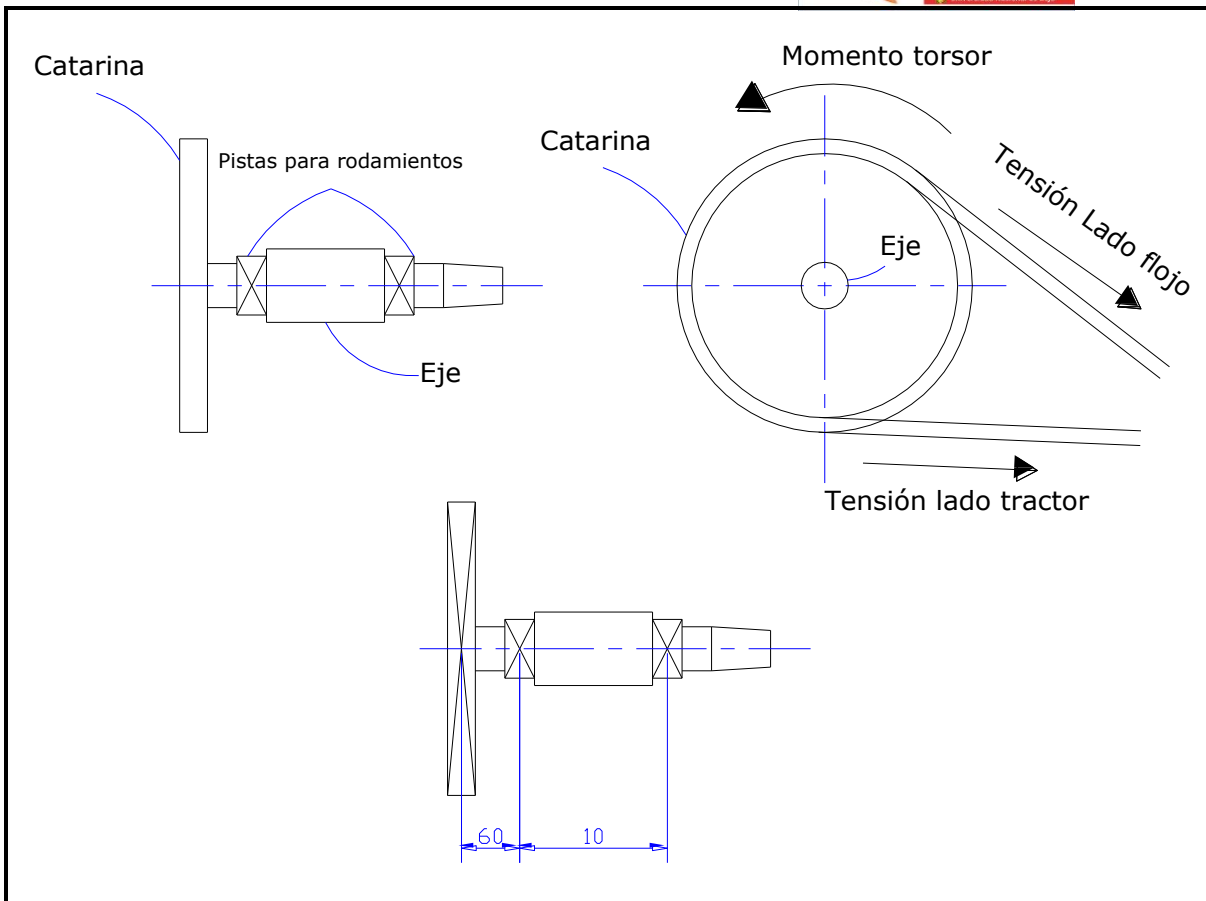
Como se puede observar las tensiones a generarse son muchos menores a las de rotura de la cadena, pudiendo ser utilizada sin ningún inconveniente.

1.12 DIMENSIONAMIENTO DEL EJE PRINCIPAL.

En el eje de transmisión existirán dos tipos de cargas, la primera resulta del torque máximo necesario para destruir la probeta y la segunda del momento flector producido por la fuerza tangencial de la cadena sobre la catalina. Según el código ASME, (Referente a diseño de ejes sometido a cargas combinadas) se tiene que dimensionar el diámetro mínimo a través del uso del esfuerzo permisible del material del eje, en consideración con las cargas máximas combinadas antes mencionadas.

Respecto a lo enunciado determinamos los valores aproximado de esas cargas y posteriormente el diámetro del eje adecuado para soportar dichos esfuerzos.

El esquema siguiente muestra las cargas mencionadas y la disposición aproximada de los elementos del eje en estudio:



Esquema 2.3. Disposición y cargas producidas en los elementos de transmisión por cadena.

De acuerdo al torque que se genera en la Catarina, obtenemos la fuerza tangencial producida en ella, cabe mencionar que se desprecia la tensión generada en el lado flojo ya que no tiene un valor significativo.

$T_2 = 10.2 \text{ Nm}$ **Torque producido en el eje conducido.**

$$F_2 = \frac{2T_2}{200.11\text{mm}} = 101.944 \text{ N} \quad \text{Fuerza tangencial producida en la Catalina.}$$

Con el valor de la fuerza y la distancia hasta el punto centro del rodamiento, obtenemos el momento flector.

$F_2 = 101.944 \text{ N}$ **Fuerza tangencial producida en la Catalina.**

$L_b = 0.06 \text{ m}$ **Brazo de la fuerza tangencial.**

$M_b = F_2 \times L_b = 6.117 \text{ Nm}$ **Momentoflector.**

Con los valores obtenidos y los factores de seguridad necesarios se procede a determinar el diámetro mínimo del eje, el cual será de acero SAE 10-20 y contará con canal para chaveta y roscado frontal para asegurar la catalina, a través de un perno frontal.

$M_t = 10.2 \text{ Nm}$ **Momento torsor.**

$M_b = 6.117 \text{ Nm}$ **Momento flector.**

$K_t = 2$ **Coefficiente de seguridad para carga de choque moderado en la torsión.**

$K_b = 1.5$ **Coefficiente de seguridad para carga de choque gradual en flexión.**

$\sigma_{ad} = 22 \text{ Kgf/mm}^2$ **Limite de cedencia para ejes SAE 10-20.**

$\mu_{seg} = 2$ **Coefficiente de seguridad de resistencia para el eje.**

$\eta_{ch} = 0.85$ **Porcentaje de seguridad debido a la elaboración de chaveteros y pernos frontales en el eje.**

1.13 CALCULO DEL DIÁMETRO DEL EJE.

Ahora se procede a determinar el esfuerzo permisible del eje en sus condiciones de operación y posteriormente su diámetro necesario:

1.13.1 Esfuerzo permisible del material del eje SAE 10-20.

$$S_s = \frac{\sigma_{ad}}{\mu_{seg}} \times \eta_{ch}$$

$$S_s = \frac{22 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}}{4} \times 0.85$$

$$S_s = 4.585 \times 10^7 \text{ Pa}$$

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \cdot Ss} \sqrt{(Kb \cdot Mb)^2 + (Kt \cdot Mt)^2}}$$

$$\phi = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi \times (4.585 \times 10^7)} \sqrt{(1.5 \times 6.117)^2 + (2 \times 10.2)^2}}$$

$$\phi = \sqrt[3]{(1.11 \times 10^{-7}) \sqrt{500.35}}$$

$$\phi = \sqrt[3]{(1.11 \times 10^{-7}) \times 22.37}$$

$$\phi = \sqrt[3]{2.483 \times 10^{-6}}$$

$$\phi = 0.0135 \approx 0.014\text{m}$$

$\phi =$ se toma un diametro de 1.5cm

Cabe mencionar que este será el eje con mayores cargas en toda la máquina, por lo que no es necesario el cálculo del eje del mandril móvil, ya que por cuestiones de montaje se mecanizará a dimensiones mayores a las calculadas anteriormente.

CAPITULO III

SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

2.1 Introducción

Con el desarrollo de la ciencia y la tecnología, ha surgido la necesidad de medir las distintas variables físicas que nos rodean. Para la lectura y control de estas variables es necesario convertir variables físicas como temperatura, velocidad, entre otras que se detallan en la tabla 1, a una señal eléctrica que por lo general es tensión.

Tabla 1

Naturaleza y tipos de variables

Naturaleza de la variable	Tipo de variable
Mecánica	Desplazamiento, velocidad, aceleración, fuerza, presión, masa, flujo, etc.
Térmica	Temperatura, calor, entalpía, etc.
Magnética	Campo magnético, flujo, permeabilidad magnética, etc.
Eléctrica	Carga, corriente, tensión, resistencia, conductancia, capacitancia, frecuencia, etc.
Óptica	Rayos gama, rayos X, microonda, rayos ultravioleta, etc.
Química	Humedad, pH, concentración iónica, etc.
Biológica	Proteínas, hormonas, antígenos, etc.

Las variables y/o señales que se necesitan medir en el banco de torsión son:

- Corriente
- Voltaje
- Angulo de torsión

Las señales de corriente y voltaje ayudaran al cálculo del torque que ejerce el motor sobre la barra, y que graficando la magnitud de este en relación al ángulo de torsión, obtenemos el diagrama de deformación de la barra sometida a torsión.

2.2 Componentes de los sistemas de adquisición de datos

Los sistemas de adquisición de datos son los instrumentos que nos ayudan a obtener información de un determinado proceso físico. En un sistema de adquisición de datos se presentan cinco elementos básicos:

- Sensores que convierten un fenómeno físico a una señal eléctrica
- Un bloque acondicionador que realiza el acondicionamiento para aislar, filtrar, convertir, amplificar la señal, etc.
- Un sistema conversor, que convierte la señal del dominio analógico al digital
- Un sistema de procesamiento que realiza operaciones con los datos adquiridos
- Un sistema de representación que comunique los resultados a los usuarios



Fig.1 Diagrama de bloques de un sistema de adquisición de datos

2.2.1 Bloque de sensores

Se denomina sensor en general, a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente de voltaje o corriente, las cuales pueden ser adquiridas y medidas con precisión por sistemas de medición electrónicos.

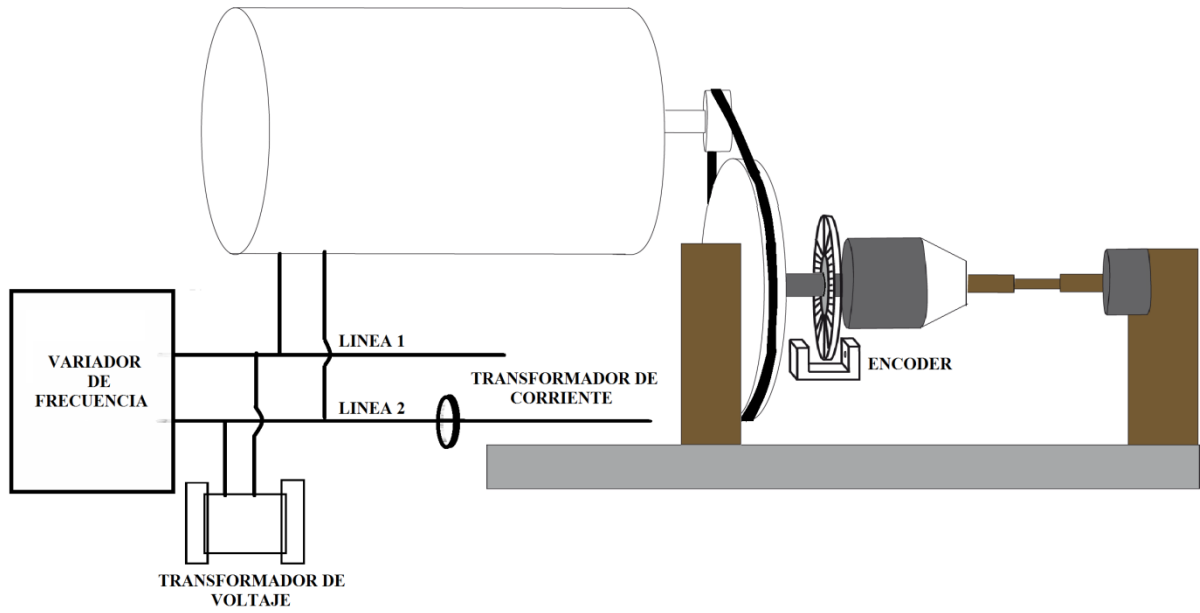


Fig.2 Ubicación de sensores

En la figura 2, se observa cómo están colocados los sensores en el banco de pruebas de torsión.

3.1.1.1 Sensor de Voltaje

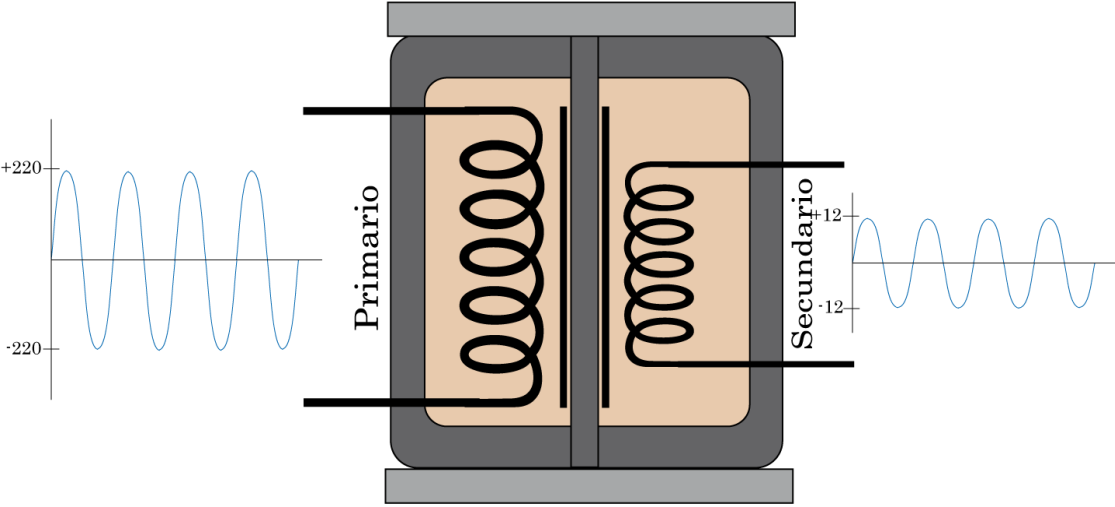


Fig. 2 Transformador de voltaje

Para censar el voltaje se ha utilizado un transformador de voltaje, ya que al transformador se lo considera una maquina eléctrica ideal, debido a sus pocas perdidas. Así el voltaje en el secundario es directamente proporcional al voltaje del primario. Los bornes del primario son colocados a las 2 fases que entrega el variador de frecuencia, obteniendo en los bornes del secundario un voltaje de máximo 12 voltios, cuando en el secundario sea de 220 voltios, lo que permite medir el voltaje con facilidad.

2.2.1.1 Sensor de corriente

Cuando se trata de medir corriente el método más utilizado es el transformador de corriente o de intensidad, debido a su simple funcionamiento y a que es un método no invasivo, en la figura 3 se observa de forma simple el esquema de un transformador de intensidad.

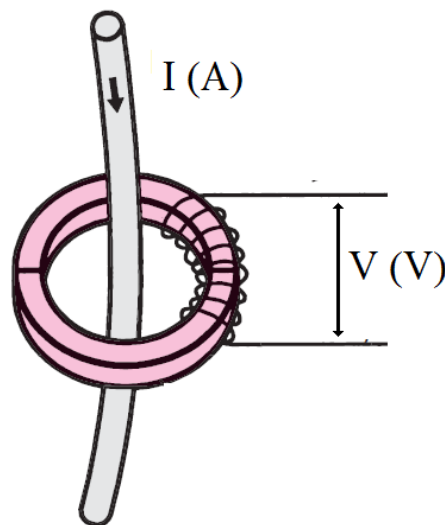


Fig. 3 Transformador de intensidad (TI)

El transformador de corriente capta el flujo magnético generado por la intensidad que fluye a través de un conductor. Asumiendo que la intensidad que fluye por el conductor que vamos a medir es el primario del transformador, se obtiene, por la inducción electromagnética, una corriente proporcional a la del primario en el secundario (bobina) del transformador. El transformador de corriente utilizado, genera un voltaje en el secundario proporcional a la corriente que fluye por el cable de alimentación del motor. El transformador de corriente posee una curva muy lineal, en la figura 4 se observa que la

sensibilidad del transformador de intensidad es de $22,7\mu\text{V}$ por cada 10mA de variación de corriente. Cabe mencionar que el transformador genera un voltaje diferencial.

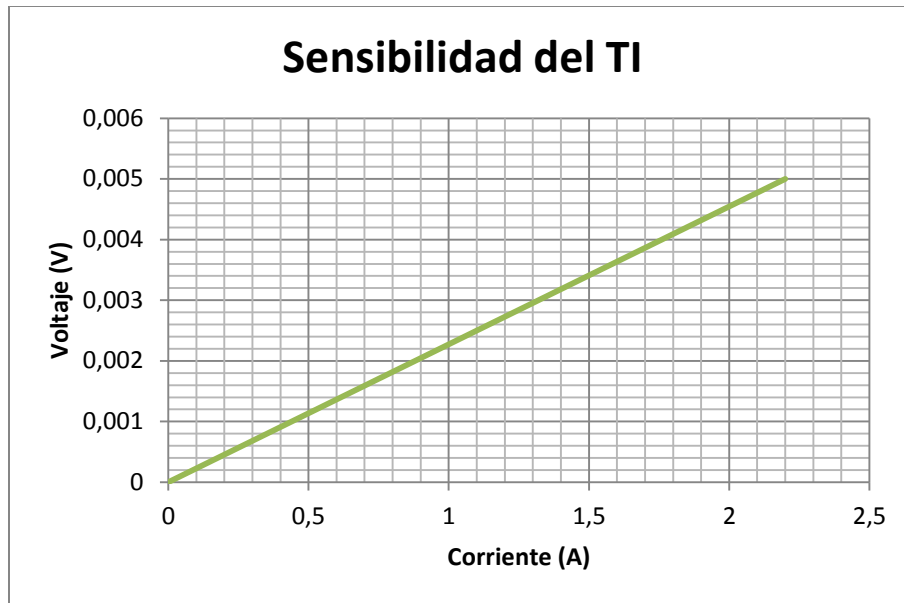


Fig.4 Sensibilidad del transformador de intensidad

2.2.1.2 Encoder

El encoder es un dispositivo electromecánico, que convierte posición angular de un eje en una señal digital eléctrica. Conectado a la electrónica adecuada y a través de los apropiados vínculos mecánicos, el encoder permite medir desplazamientos angulares, movimientos lineales y circulares, y velocidades rotacionales y aceleraciones.

El encoder básicamente está conformado por un dispositivo que emite un rayo de luz y otro que recibe este haz de luz. El emisor consiste en un diodo emisor de infrarrojos y el receptor es un fototransistor. Cuando se interrumpe la señal con un material oscuro, la salida cambia desde una posición "ON" a un estado "OFF". En la figura 5 se muestra la imagen y el esquema del encoder H21A1, utilizado en el banco de pruebas de torsión. Así el sistema de medida de ángulo consiste en el encoder H21A1 y un disco rayado, el cual tiene divisiones de 3 grados por raya, este disco está colocado en el eje del sistema de transmisión del banco de pruebas de torsión, el disco gira al igual que el eje que transmite el torque hacia las probetas.

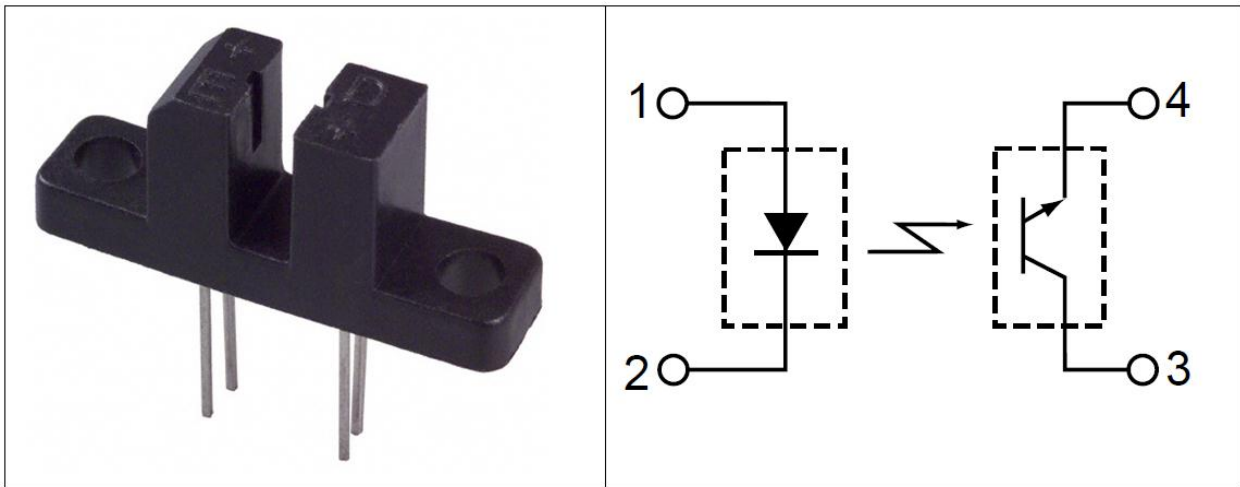


Fig. 5 Esquema del encoder H21A1

2.2.2 Acondicionadores de señal

Los acondicionadores de señal, son circuitos electrónicos que tienen la finalidad de amplificar, filtrar, modular, etc., una señal, para que la variable que se intenta leer

Los acondicionadores de señal son los elementos del sistema de medida que ofrecen, a partir de la señal de salida del sensor electrónico, una señal apta para ser presentada o registrada o que simplemente permita un procesamiento posterior mediante un equipo o instrumento. Consiste normalmente en circuitos electrónicos que ofrecen, entre otras las siguientes funciones: filtrado, amplificación, adaptación de impedancias y modulación o demodulación.

Las señales a ser medidas en el banco de pruebas de torsión son convertidas de analógicas a digitales gracias al micro controlador ATMEGA32, el cual puede leer voltajes entre 0V y 5V, por lo que todos los acondicionadores de señal deben cumplir estas exigencias.

2.2.2.1 Acondicionador de voltaje

Para acondicionar el voltaje que entrega el transformador de tensión, es necesario realizar una rectificación de onda, ya que voltaje procedente del transformador es en alterna, y el microcontrolador necesita un leer un voltaje continuo. Para esto utilizamos un circuito MAV (Medium AbsoluteValue, Valor Medio Absoluto), el cual calcula el valor promedio del voltaje de AC rectificado. Este circuito denomina un convertidor de AC a DC.

Una de las ventajas del MAV, es que puede distinguir entre distintos tipos de señal, generando diferentes salidas para señales diferentes con el mismo valor pico, en la figura 6 se muestra el valor de la salida del circuito MAV para diferentes señales de entrada.

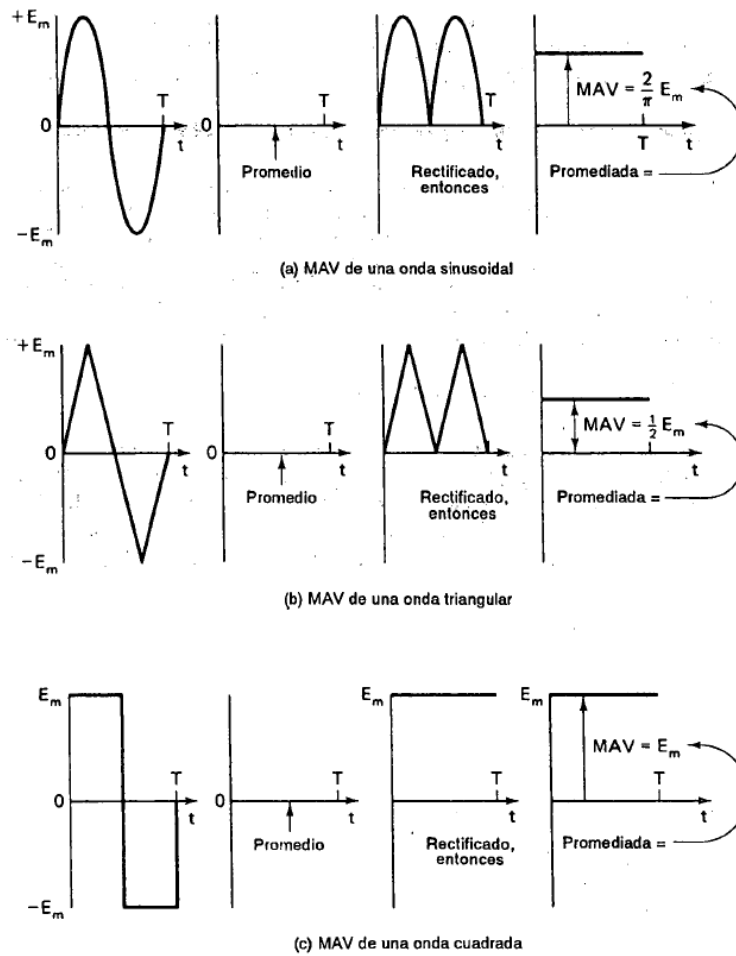


Fig.6 Valor absoluto medio de ondas senodales, triangulares y cuadradas alternantes.

Como se observa en la figura 7, para el caso de una onda seno el valor del MAV es:

$$\text{MAV} = \frac{2}{\pi} E_m \quad (1)$$

Donde E_m es el valor pico de voltaje, para nuestro caso el valor pico del voltaje proveniente del transformador es de 12V, lo que da como resultado un valor de 7.64V, por lo que se necesita limitar hasta que la salida del MAV sea 5V cuando el voltaje en el motor sea 220V. Para esto se ha colocado un potenciómetro de calibración, variándolo hasta que la salida del MAV sea 5V. En la figura 7 se presenta el circuito MAV diseñado con amplificadores operacionales LM741 para el acondicionador de señal de voltaje.

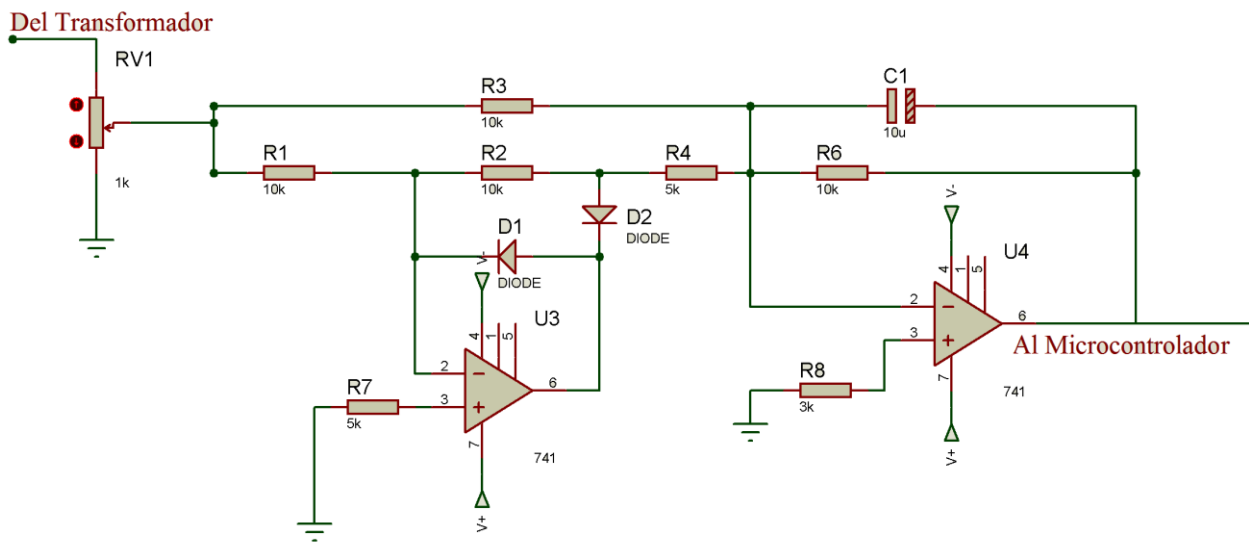


Fig.7 Circuito MAV diseñado con LM741 para el acondicionamiento del voltaje

2.2.2.2 Acondicionador de corriente

Para medir la corriente es necesario acondicionar la señal de voltaje diferencial que entrega el transformador de corriente, cuya salida es proporcional a la corriente que fluye hacia el motor.

Para medir y amplificar la señal diferencial es necesario utilizar un amplificador de instrumentación, el cual ayuda a referenciar la señal a tierra y así esta pueda ser leída sin ningún problema. La salida del amplificador de instrumentación es una señal de voltaje

alterno, el cual es transformado a continuo utilizando el circuito MAV, y así puede ser leído por el microcontrolador.

En la figura 8, se observa el amplificador de instrumentación, cuya ganancia es:

$$G = 1 + \frac{2}{a} \quad (2)$$

Y a es igual a:

$$a = \frac{aR}{R} \quad (3)$$

La resistencia aR es la resistencia que controla la ganancia del amplificador, y R puede ser un valor estándar entre 1K a 50K recomendado.

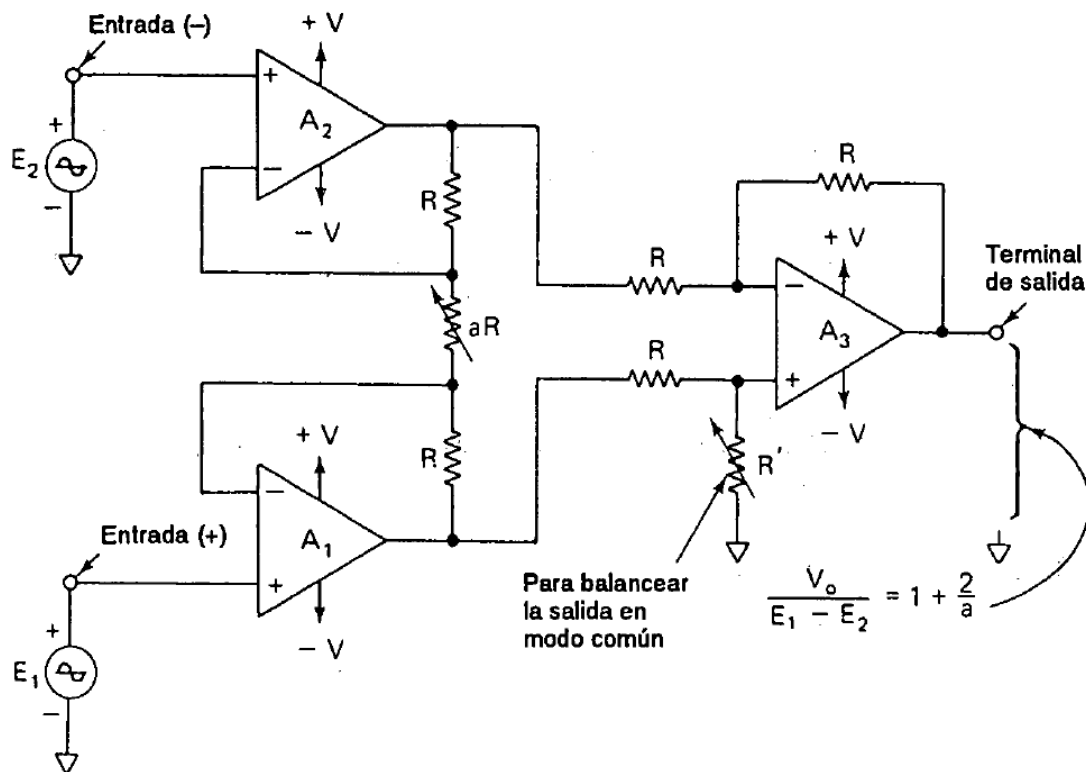


Fig.8 Amplificador de instrumentación

La corriente nominal del motor utilizado en el banco de pruebas de torsión es de 2.2A, por lo que observando la curva de sensibilidad del transformador de intensidad (figura 4), podemos extraer que el voltaje que genera el paso de 2.2A es de 0,005V. Este voltaje es el

que se tiene que amplificar y para que luego del circuito MAV obtener un voltaje de 4V DC, dejando un voltio de margen de seguridad, que ayudara a medir las sobrecargas que se generan en el motor.

Con ayuda de la ecuación 1 calculamos el valor de voltaje AC necesario a la entrada del circuito MAV para obtener 4V DC

$$E_m = \frac{MAV \times \pi}{2}$$

$$E_m = \frac{4 \times \pi}{2} = 6,3V$$

Así la ganancia necesaria de amplificador de instrumentación es:

$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (4)$$

$$G = \frac{6,3V}{0,005V} = 1260$$

Utilizando la ecuación 2, obtenemos el valor de a, la cual nos ayudara a calcular mediante la ecuación 3 la resistencia de ganancia

$$a = \frac{2}{G - 1}$$

$$a = \frac{2}{1260 - 1} = 1,59 \times 10^{-3}$$

Si utilizamos una R=30K, la resistencia de ganancia aR es:

$$aR = 30000 \times a$$

$$aR = 30000\Omega \times 1,59 \times 10^{-3}$$

$$aR \approx 47\Omega$$

La figura 9, muestra el acondicionador de la señal de voltaje que genera el transformador de intensidad, cuya salida es desde 0 a 4V, para una corriente desde 0 a 2.2A respectivamente.

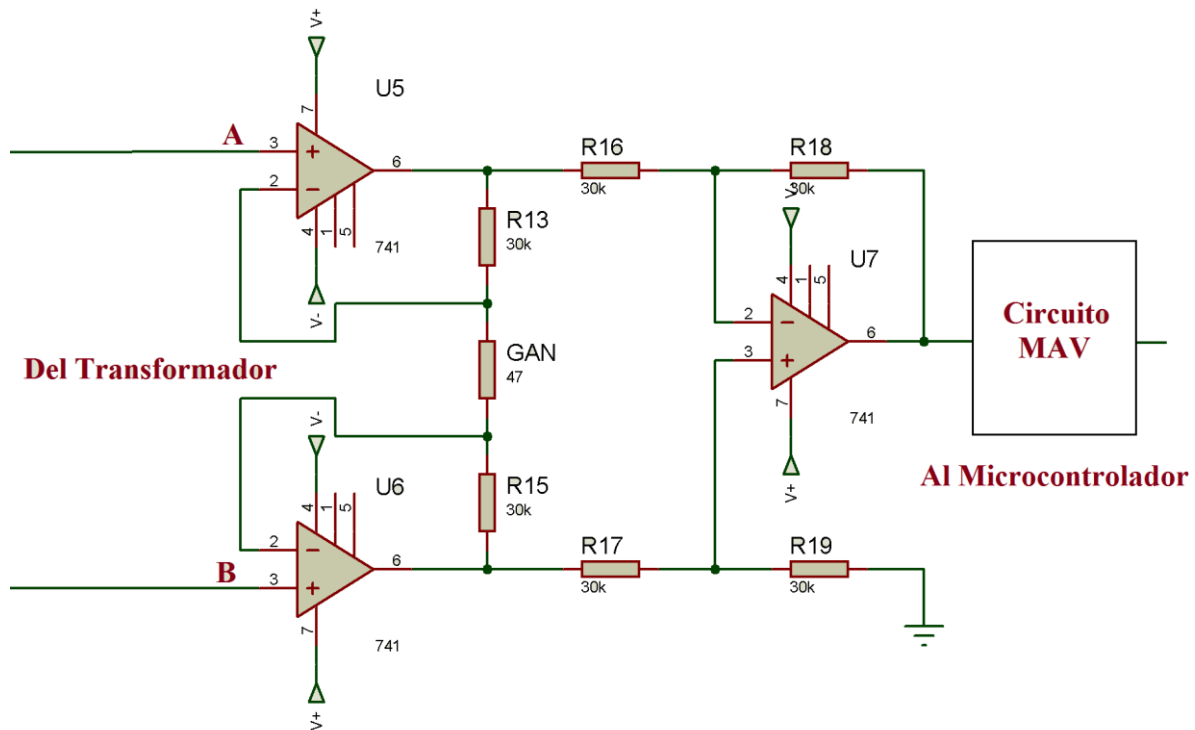


Fig.9 Circuito acondicionador de señal del transformador de corriente

2.2.2.3 Acondicionador de la señal del encoder

El acondicionador de la señal del encoder es sencilla, solo se necesita un transistor que actúe como switch, ya que la variación de voltaje del encoder se encuentra desde 2.1V con el haz de luz saturando la base del fototransistor que conforma el receptor, y 1.7V cuando el rayo de luz es cortado. Este cambio de voltaje se aprovecha para saturar al transistor 2N3906, el cual actúa como switch, generando 1.5V cuando el rayo incide sobre el fototransistor y 0V cuando se corta el rayo.

La salida del transistor 2N3906 debe ser amplificada hasta 5V para que puedan ser contados en el microcontrolador los pulsos que se han generado. La amplificación se la realiza con un amplificador operacional LM358, utilizando la configuración de un amplificador no inversor con una ganancia de 3, generando una salida de 4.5V para el estado ON y 0 para el OFF. El circuito del acondicionamiento de la señal del encoder para lograr generar pulsos y posteriormente contarlos y obtener el ángulo de torsión de la probeta se observa en la figura 10.

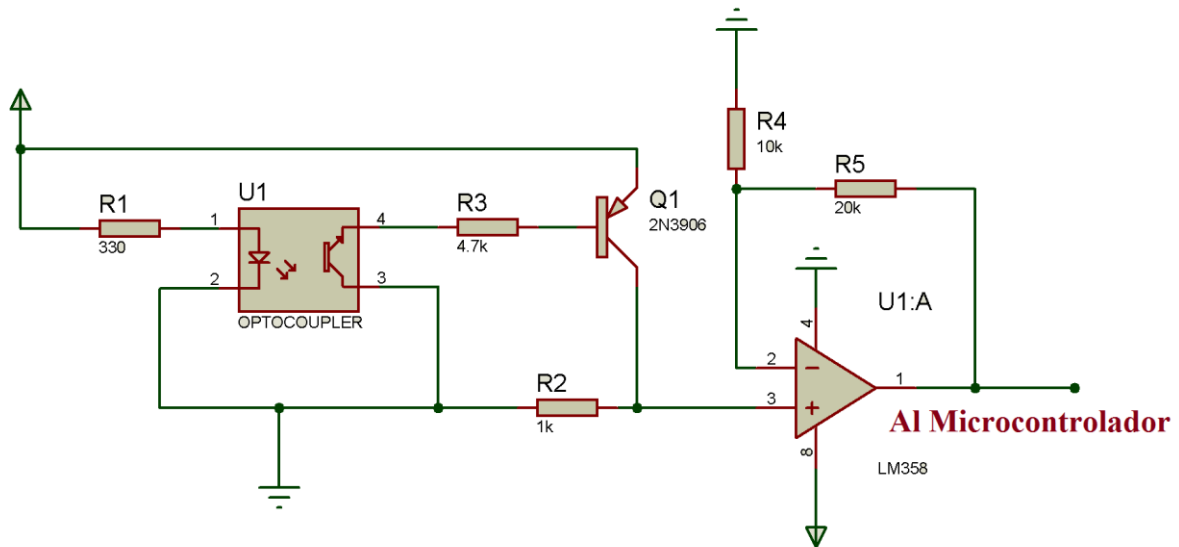


Fig.10 Generador de pulsos

2.2.3 Sistema conversor analógico digital y de transmisión de datos

Una vez acondicionadas las señales para la medición del voltaje, corriente y ángulo, es necesario digitalizarlas y transmitir las al sistema de procesamiento. Para digitalizar las señales se ha utilizado un microcontrolador atmega 32, cuyas características se encuentran resumidas en la tabla 2

Tabla 2

Características del Microcontrolador AVR Atmega32

Microcontrolador AVR de 8 bit de alto rendimiento y bajo consumo.	
Arquitectura RISC avanzada.	131 instrucciones. La mayoría de un simple ciclo de clock de ejecución.
	32 x 8 registros de trabajo de propósito general.
	Capacidad de procesamiento de unos 16 MIPS a 16 MHz.
	Funcionamiento estático total.
	Multiplicador On-Chip de 2 ciclos
Memorias de programa y de datos no volátiles.	32K bytes de FLASH reprogramable en sistema.
	Sección de código añadida opcional con bits de bloqueo independientes.
	1024 bytes de EEPROM
	2K bytes de SRAM interna

	Bloqueo (cerradura) programable para la seguridad del software.
Interface JTAG	Mantenimiento de eliminación de errores On-Chip Programación de FLASH, EEPROM, fusibles y bits de bloqueo a través de la interface JTAG Capacidades de BoundaryScan de acuerdo con el Standard (norma) JTAG
Características de los periféricos	Dos Timer/Contadores de 8 bits con prescaler separado y modo comparación. Un Timer/Contador de 16 bits con prescaler separado, modo comparación y modo de captura. Comparador analógico On-Chip Timerwatchdog programable con oscilador separado On-Chip. Interface serie SPI maestro/esclavo. USART serie programable. Contador en tiempo real con oscilador separado ADC de 10 bit y 8 canales, 8 canales de terminación simple, 7 canales diferenciales sólo en el encapsulado TQFP, 2 canales diferenciales con ganancia programable a 1x, 10x o 200x. 4 canales de PWM Interface serie de dos hilos orientada a byte
Características especiales del microcontrolador	Reset de Power-on y detección de Brown-out programable Oscilador RC interno calibrado Fuentes de interrupción externas e internas 6 modos de descanso: Idle, reducción de ruido ADC, Power-save, Power-down, Standby y Standby extendido
I/O y encapsulados	32 líneas de I/O programables PDIP de 40 pines, TQFP y MLF de 44 pines
Tensiones de funcionamiento	2.7 - 5.5V (ATmega32L) 4.5 - 5.5V (ATmega32)
Niveles de velocidad	0 - 8 MHz (ATmega32L) 0 - 16 MHz (ATmega32)

En la figura 11 se muestra la distribución de pines del Atmega32, el cual es encargado de realizar las siguientes tareas:

- Digitalizar señales
- Contador de pulsos
- Transmisión de datos al computador
- Recepción de datos del computador

La programación del microcontrolador se ha realizado en lenguaje BASIC, utilizando el compilador BASCOM AVR.

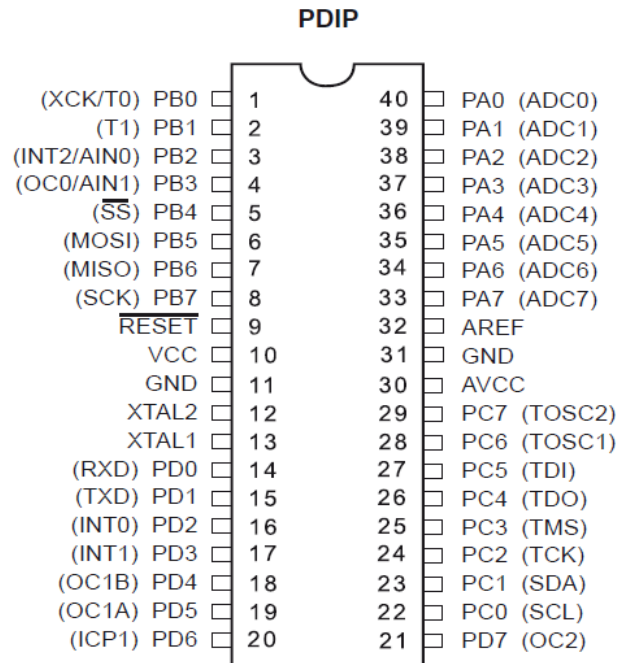


Fig.11 Diagrama de pines del Atmega32

2.2.3.1 Digitalización de señales

De la tabla 2 se obtiene que el Atmega32 posee 8 módulos ADC (Analogto digital converter), cada uno de 10bits, de los cuales utilizaremos 2 módulos, el ADC0 y ADC1, para digitalizar las señales que poseen la información de voltaje y corriente.

La **conversión analógica-digital** consiste en la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento ya que se puede realizar cualquier tipo de operación a través de software de edición o de procesamiento de señal. La conversión. La digitalización o conversión analógica-digital (conversión A/D) consiste básicamente en realizar de forma periódica medidas de la amplitud (tensión) de una señal,

redondear sus valores a un conjunto finito de niveles preestablecidos de tensión (conocidos como niveles de cuantificación) y registrarlos como números enteros en cualquier tipo de memoria o soporte.

Para digitalizar una señal, esta debe pasar por tres procesos:

Muestreo: el muestreo consiste en tomar muestras periódicas de la amplitud de onda. La velocidad con que se toma esta muestra, es decir, el número de muestras por segundo, es lo que se conoce como frecuencia de muestreo.

Cuantificación: en el proceso de cuantificación se mide el nivel de voltaje de cada una de las muestras. Consiste en asignar un margen de valor de una señal analizada a un único nivel de salida.

Codificación: la codificación consiste en traducir los valores obtenidos durante la cuantificación al código binario.

En la figura 12 se observa el resultado de la conversión de analógico a digital, se puede observar que la señal digital posee una codificación binaria, el número máximo en binario que se puede representar depende de los niveles que posea el ADC

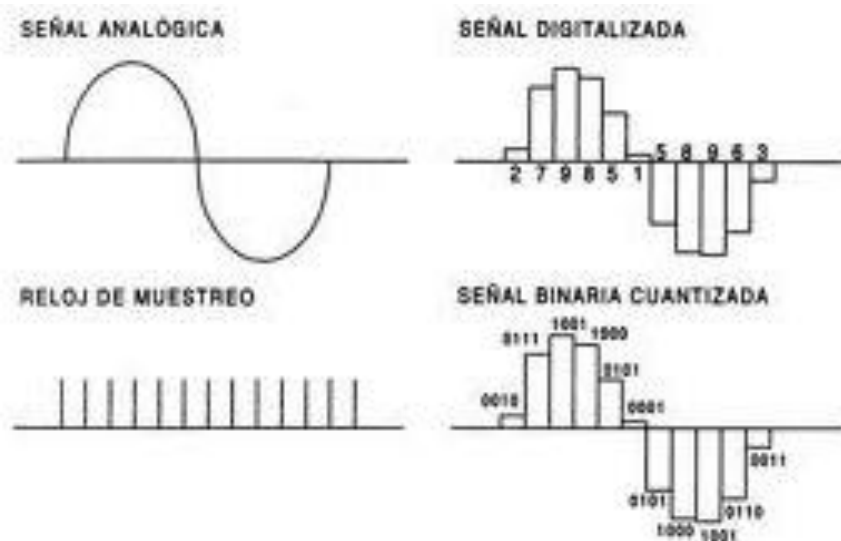


Fig.12 Digitalización de una señal analógica

El número de niveles del ADC del atmega32 es:

$$L = 2^n$$

$$L = 2^8 = 1024$$

Con lo que el valor de la señal digitalizada por el ADC es:

$$ADC_{val} = \frac{V_{in} \times L}{V_{ref}}$$

$$ADC_{val} = \frac{V_{in} \times 1024}{5V}$$

Donde V_{in} es el voltaje de la señal analógica y V_{ref} es el voltaje de referencia del ADC, que es de 5V. Analizando la ecuación anterior se puede obtener que cuando no hay señal en la entrada del ADC el valor de la señal digital es 0, pero cuando la señal analógica alcanza un valor de 5V la salida del ADC es de 1024.

El ADC del Atmega32 tiene una resolución de 4,9mV, es decir que por cada variación de 4.8mV de la señal analógica, el número de nivel se incrementa o disminuye.

Los valores del ADC que son obtenidos son enviados por el microcontrolador al computador en donde estos valores son procesados aplicando las fórmulas de conversión y obtener el valor de voltaje y corriente.

2.2.3.2 Contador de pulsos

Los pulsos generados por el circuito de la figura 10, y que representan los grados que ha girado el eje del banco de pruebas de torsión son contadas a través del módulo de timer/counter del Atmega32. Este módulo puede funcionar como un timer para generar pulsos de PWM (modulación por ancho de pulso), o puede funcionar como un contador de pulsos.

El Atmega32 tiene dos módulos contadores, el counter0 y counter1, del cual se ha utilizado el timer1 o counter1, porque tiene mayor capacidad de conteo ya que posee 16bits, con este counter se puede guardar el número de pulsos que se han generado por el circuito medidor de ángulo de giro.

2.2.4 Transmisión y Recepción de datos

El microcontrolador Atmega32 posee un módulo UART (Universal Asynchronous Receiver and Transmitter), el cual se lo utiliza para enviar o recibir entre dos dispositivos. El módulo de comunicación UART utiliza niveles TTL de voltaje +5V y 0V.

El estandar de comunicación usado por el computador es el de transmisión serial RS-232, que presenta niveles de voltaje entre +15V y -15V, por lo que para comunicar al PC con el microcontrolador es necesario un dispositivo que convierta de niveles RS-232 a TTL y viceversa. Para realizar esta conversión se hace uso del circuito integrado cambiador de niveles MAX232.

En la figura 13 se observa una señal de datos enviada utilizando el estándar RS-232, en el que un valor mayor a +3V representa un 0 lógico y un valor menor a -3V representa un 1 lógico. Esta señal contiene 1 bit de inicio, 8 bits de datos y 1 bit de parada. Los datos son transmitidos en código ASSII, con el que se pueden enviar caracteres y ser leídos fácilmente por el computador o el microcontrolador.

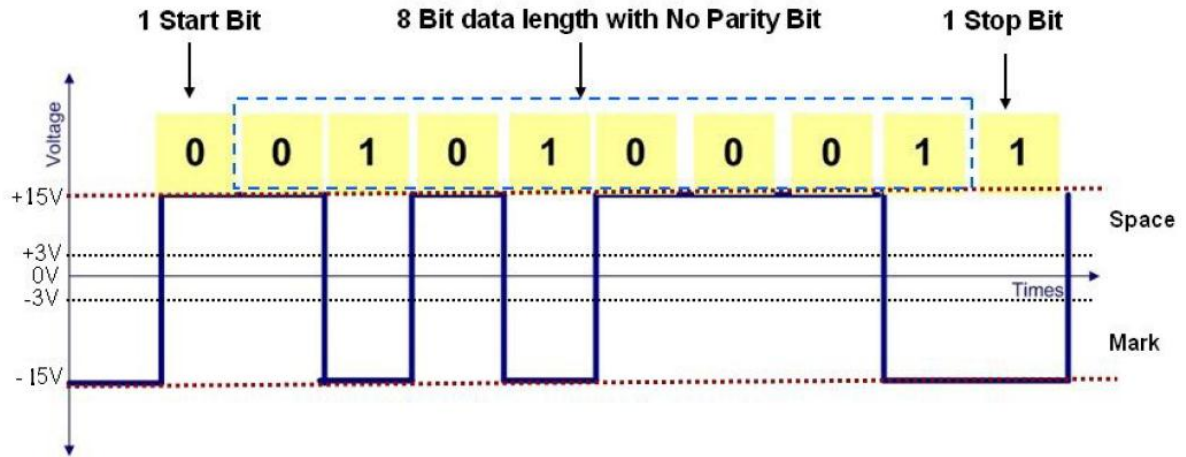


Fig.13 Estándar RS-232 comunicación serial

2.2.5 Algoritmo de ejecución del microcontrolador

Una vez entendidas las tareas que realizara el microcontrolador, debemos implementar el algoritmo para la adquisición y transmisión de los datos. En la figura 14 se observa el diagrama de flujo del algoritmo implementado, en el que en principio el microcontrolador espera que le llegue la señal de activación desde el computador. Cuando el computador ha enviado la señal, el microcontrolador enciende el motor del banco de pruebas de torsión y empieza la adquisición de datos del ADC y del counter1. Los datos adquiridos son colocados en una trama de strings separados cada uno respecto del otro por el carácter de guion medio (-), el cual nos servirá para extraer los valores en el computador. La trama es transmitida y finalmente se realiza la pregunta de que si el valor del counter1 es mayor a 10, la cual sirve para conocer si la frecuencia de los pulsos ha aumentado, lo que significa que la probeta se ha roto y el eje del banco de pruebas gira libremente, y así poder parar el motor

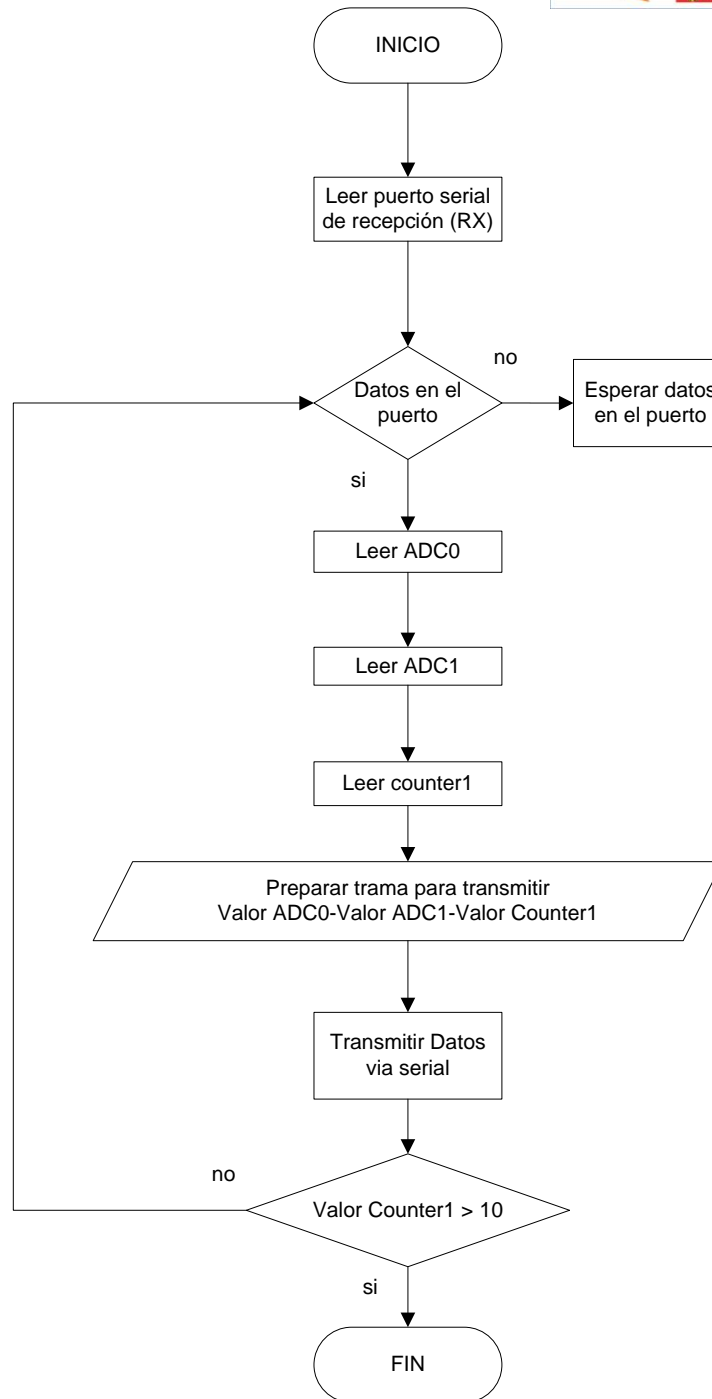


Fig.14 Diagrama de flujo del algoritmo implementado

Como ya se mencionó anteriormente el microcontrolador ha sido programado usando lenguaje BASIC y haciendo uso del compilador BASCOM AVR, el código escrito se presenta a continuación:

```

$regfile = "m32def.dat"           ' Especificacion del microcontrolador
$crystal = 8000000                ' Frecuencia de trabajo
$bbaud = 9600                     ' Velocidad de transmision

Config Serialin = Buffered , Size = 16 'Configuracion de UART
Config ADC = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc 'Configuracion del ADC
Start ADC
Config Timer0 = Counter , Edge = Falling , Prescale = 1 'Configuracion del contador
Config PORTB.2 = Output           'Configuracion del pin que activa y desactiva el motor

Enable Interrupts

Dim V As Word                     'Variable que almacena el valor de ADC0
Dim I As Word                     'Variable que almacena el valor de ADC1
Dim Cont As Word                 'Variable que almacena el valor del counter1
Dim Aux As Long                 'Variable auxiliar

Inicio:
  If Ischarwaiting() = 1 Then     'Pregunta si hay datos en el puerto RX
    PORTB.2 = 1                  'Activa el motor
    Goto Principal               'Si hay datos en el puerto inicia la adquisicion
    Clear Serialin
  End If
  Goto Inicio                    'Si no hay datos en el puerto vuelve a preguntar

Principal:                       'Inicio de la adquisicion y transmision
  Counter1 = 0                   'Encera el contador
  Start Counter1                 'Enciende el counter1
  Waitms 50                      'Cuenta los pulsos por 50ms
  Stop Counter1
  Aux = Cont                     'Guarda el valor del contador en Aux
  Cont = Cont + Counter1         'El contador se va acumulando
  Aux = Cont - Aux

  V = Getadc(0)                  'Guarda el valor de ADC0 en V
  I = Getadc(1)                  'Guarda el valor de ADC1 en I

  If Counter1 > 10 Then          'Pregunta si counter1 es mayor a 10, la probeta esta rota
    Print "overlap"              ' Envia overlap via serial
    Clear Serialin
    Cont = 0
    PORTB.2 = 0                  'Desactiva el motor
    Goto Inicio
  Else
    Waitms 10
    Print V ; "-" ; I ; "-" ; Cont 'Envia la informacion al computador
  End If
  Goto Principal                 'Inicia nuevamente el proceso

```

En la figura 15 tenemos el diagrama del circuito central de adquisición de datos y control del banco de pruebas de torsión.

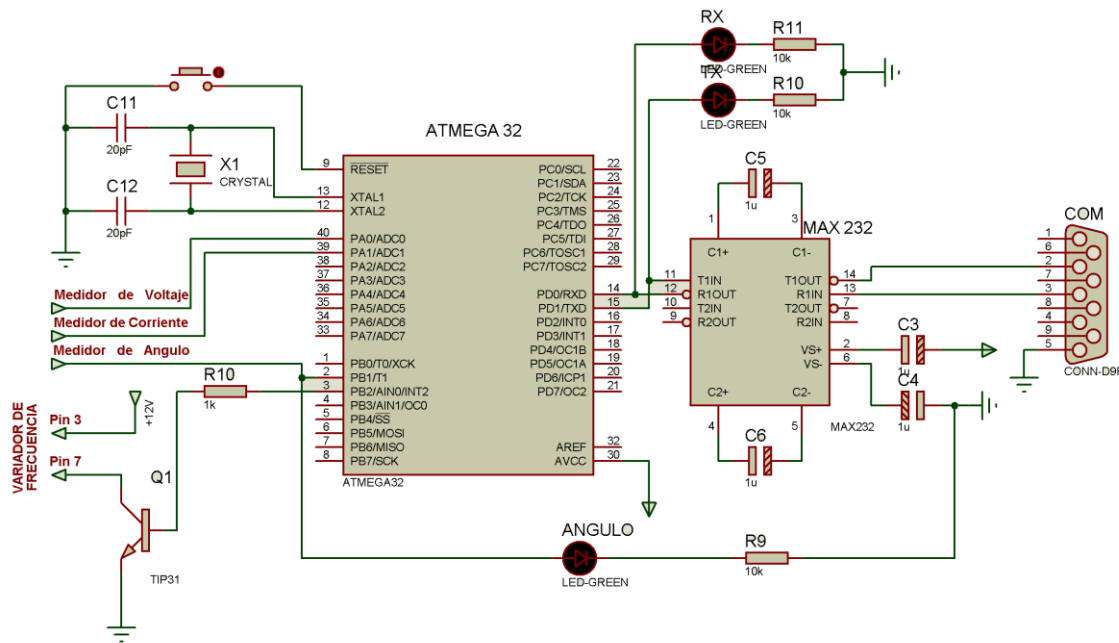


Fig.15 Circuito de adquisición y transmisión de datos para el banco de pruebas de torsión

2.2.6 Procesamiento y Visualización de los datos

Para el procesamiento y su visualización de datos utilizaremos el software de National Instruments LabVIEW, el cual es un lenguaje de programación gráfico de alto nivel, simple y robusto para aplicaciones de adquisición de datos y procesamiento de señales. Estas aplicaciones se las denomina instrumentos virtuales o VI, ya que tienen el aspecto y pueden poseer las mismas funciones de un instrumento de medida como un multímetro o un osciloscopio.

El entorno del software LabVIEW se divide en panel frontal y diagrama de bloques. Desde el panel frontal el usuario puede cambiar las entradas y visualizar los datos de salida y en el diagrama de bloques se escribe el código en lenguaje gráfico, utilizando sentencias similares a las utilizadas en lenguajes escritos. En la figura 16 se observa el entorno del lenguaje LabVIEW y en la figura 17 el diagrama de flujo del algoritmo implementado en el computador.

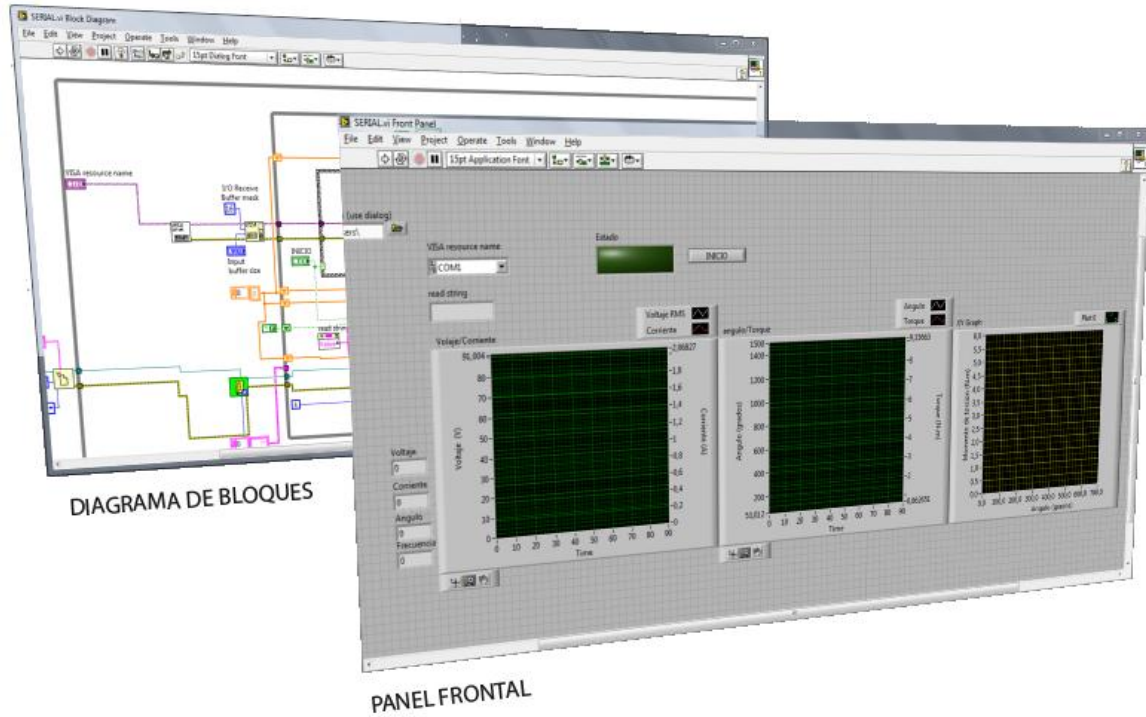


Fig.16 Panel Frontal y Diagrama de Bloques del entorno LabVIEW

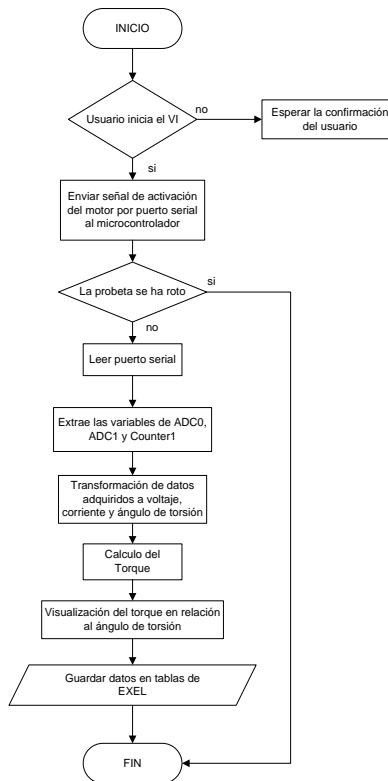


Fig.17 Algoritmo implementado en el VI de LabVIEW para la adquisición y procesamiento de datos para el banco de pruebas de torsión

2.2.6.1 Descripción del Panel Frontal del VI

En el Panel Frontal del VI que se ha implementado posee un bloque de entradas y otro de salidas. El bloque de entradas básicamente constituye el puerto COM desde donde se transmitirá o recibirán datos vía serial, el botón de inicio de la prueba de torsión y los botones de parada.

El bloque de visualización se divide en indicadores numéricos e indicadores gráficos. Los indicadores numéricos presentan el valor instantáneo de las variables medidas y los indicadores gráficos presentan la variación de la variable en función del tiempo, esto es para el voltaje, corriente, ángulo y torque. La grafica de esfuerzo es la que relaciona el torque en función del ángulo de torsión. En la figura 18 se muestra el panel frontal.

El procedimiento para la ejecución del programa es:

1. Selección del número de COM
2. Proceder a iniciar la prueba (dar clic en el botón INICIO)
3. Esperar hasta que la prueba termine y que el VI finalice solo
4. Para empezar una nueva prueba esperar hasta que el LED ubicado a la izquierda del botón INICIO se apague
5. Si desea abortar la prueba dar clic en el switcon/off, si desea parar el programa dar clic en CANCELAR

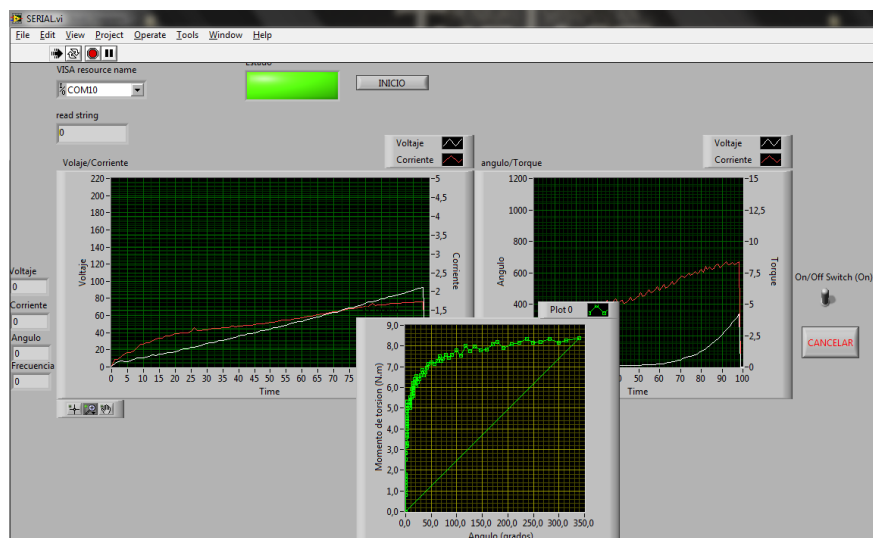


Fig. 18 Panel Frontal de visualización de datos obtenidos del banco de pruebas de torsión

2.2.6.2 Descripción del Diagrama de bloques

El diagrama de bloques posee cinco procesos principales:

1. Configuración de la comunicación serial

En esta parte se selecciona todas las variables para que exista una comunicación serial exitosa entre el microcontrolador y el PC. La comunicación serial se ha realizado utilizando un conversor de puerto USB a serial por lo que las variables que se configuran son:

Velocidad de transmisión = 9600 baudios/s

COM = 10, depende del COM en el que se instale el conversor USB to SERIAL

Buffer = 16 bits

2. Lectura y escritura en el puerto serial

Se transmite un carácter hacia el microcontrolador para que este empiece a ejecutar sus instrucciones, luego se lee los datos que el microcontrolador envía al puerto serial. Los datos en el puerto serial se encuentran en un string en el que se encuentra el valor de niveles de voltaje de las señales que contienen la información del voltaje y la corriente, también se lee el valor del ángulo de torsión.

3. Procesamiento de los datos obtenidos del puerto serial

Los datos presentes en el string leído son divididos y transformados a valores numéricos, para luego aplicar las ecuaciones de transformación para el voltaje y corriente. Finalmente se utiliza la ecuación para el cálculo del torque instantáneo.

$$\tau = k(V \times I)$$

Donde k tiene un valor de 2.74, este valor es obtenido de la relación entre las revoluciones del motor y la relación de reducción del sistema de transmisión.

4. Presentación de los datos

La presentación de datos, consiste en armar un vector con todos los valores instantáneos de las variables requeridas, y representarla en función del tiempo, para el caso del voltaje,

corriente, ángulo de torsión y torque. La representación del diagrama de esfuerzo es la relación del aumento del torque con respecto al ángulo de torsión.

5. Guardar datos en tablas de EXCEL

Todos los datos adquiridos y procesados son guardados en tablas de EXCEL para su posterior análisis.

La figura 19 presenta el diagrama de bloques del VI implementado.

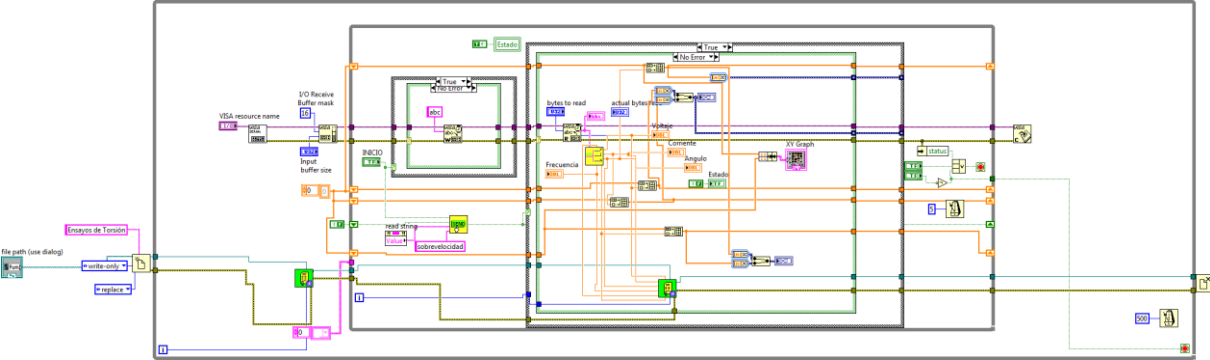


Fig. 19 Diagrama de bloques del VI implementado

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Características técnicas del motor usado en el banco de pruebas.

SIEMEN	3~ MOTOR	1LA7073-6YA60	
	0,5 HP	TA-15/40°CFS1,15	
S1	IP55	220 YY/440 Y V	1000ms
60Hz	IMB3	2,2 1,1 A	5,7kg
AISL.F	η 56,3	Cos Φ 0,79	B 60,71
IEC	Ia 4,9 In	In/Ta 3,49/8,0 Nm	1020 rpm

Tabla 1.10. Datos técnicos de motor trifásico 1020 rpm 4 polos 60 Hz marca Siemen.

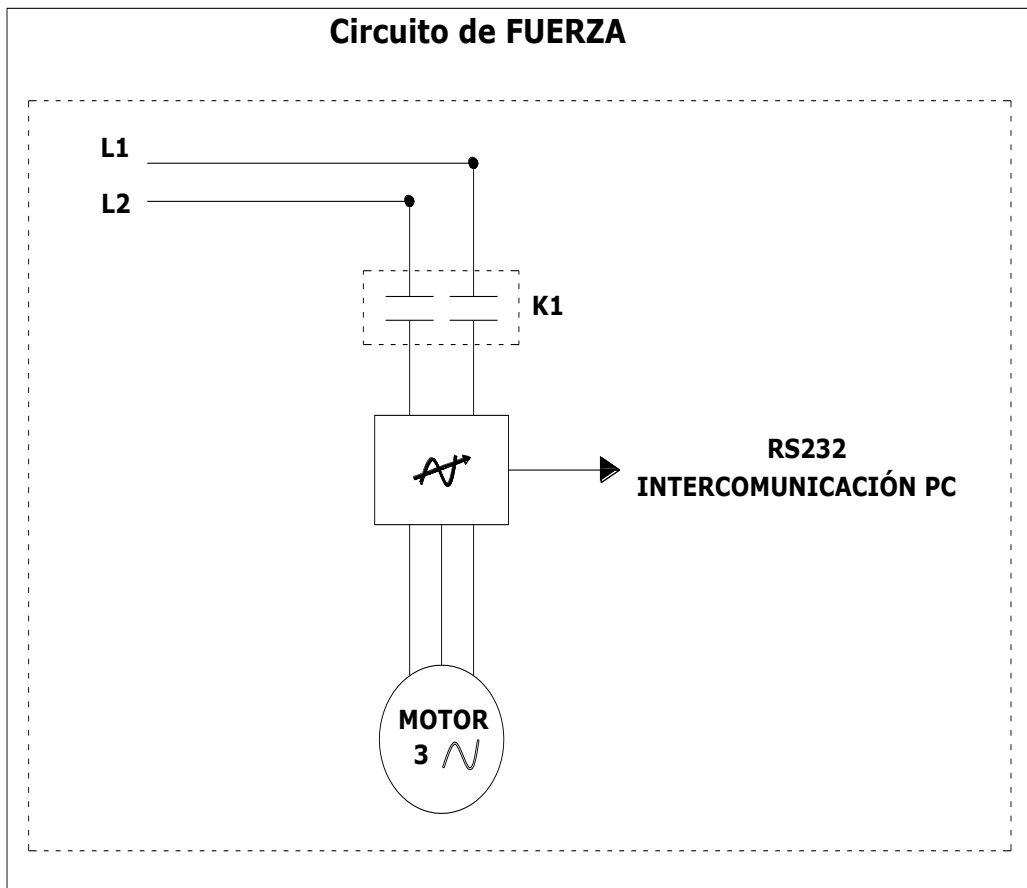
3.2 VARIADOR DE FRECUENCIA (SINAMICS G110)

Tensión de entrada	1 AC 200 V – 240 V, \pm 10 %				
Gamas de potencia	1.1 kW - 3.0 kW				
Tamaño constructivo	B	B	C	C	
Potencia nominal del motor	[kW] [hp] ¹	1,1 1,5	1,5 2,0	2,2 3,0	
Referencia	6SL3211-				
Sin filtro	Analógica	0AB21-1UA0*	0AB21-5UA0*	0AB22-2UA0*	0AB23-0UA0*
	USS	0AB21-1UB0*	0AB21-5UB0*	0AB22-2UB0*	0AB23-0UB0*
Con filtro EMC integrado	Analógica	0AB21-1AA0*	0AB21-5AA0*	0AB22-2AA0*	0AB23-0AA0*
	USS	0AB21-1AB0*	0AB21-5AB0*	0AB22-2AB0*	0AB23-0AB0*
Corriente de salida ²	[A]	6,0	7,8 (40°C)	11,0	13,6 (40°C)
Corriente de entrada ³	[A]	14,7	19,7	27,2	32,0
Fusibles recomendados	[A]	20,0 3NA3807	25,0 3NA3810	35,0 3NA3814	50,0 3NA3820
Secciones para cables de entrada (red)	[mm ²] [AWG]	2,5 – 6,0 12 – 10	2,5 – 6,0 12 – 10	4,0 – 10 11 – 8	6,0 – 10 10 – 8
Secciones para cables de salida (motor)	[mm ²] [AWG]	1,5 – 6,0 14 – 10	1,5 – 6,0 14 – 10	2,5 – 10 12 – 8	2,5 – 10 12 – 8




Tabla.1.11. Datos técnicos del variador Sinamics G110.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS CIRCUITOS DE FUERZA Y MANDO DEL BANCO DE ARRANQUE.

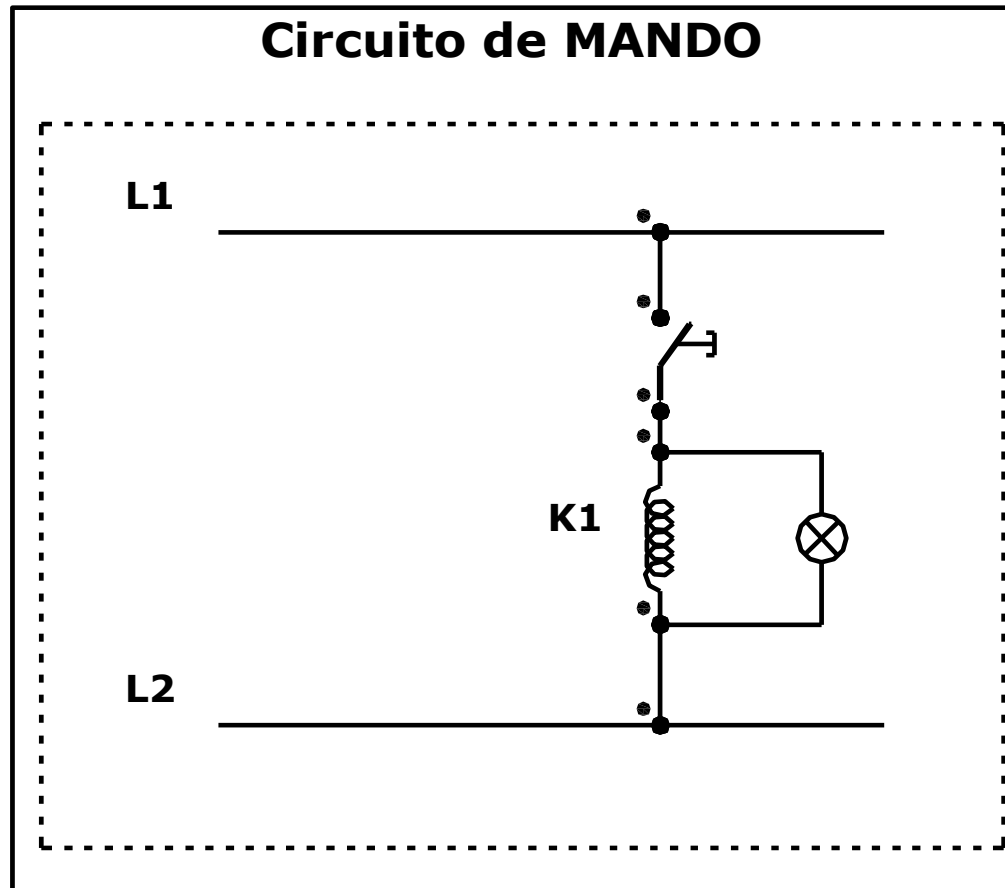
3.3.1 Circuito de Fuerza.







SIMBOLOGÍA

	CONTACTOR
	VARIADOR DE FRECUENCIA
	MOTOR TRIFÁSICO

3.3.2 Circuito de Mando.



SIMBOLOGÍA

	PUNTO DE CONEXIÓN
	SELECTOR ON - OFF
	BOBINA DE CONTACTOR
	LUZ GUÍA

3.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL BANCO DE PRUEBAS.

Tabla.1.12. Valoración económica.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	SUBTOTAL
<i>Adquisición de los accesorios necesarios para el montaje del equipo.</i>			
- Motor reductor de 0.5 HP	1	450	450
-Variador de frecuencia G110 de 0.5 HP	1	300	300
-Angulo de ½ x 3/16 de pulgada	6m	3	18
-Angulo de 2/2 x ¼ de pulgada	2m	12,5	25
-Guías triangulares 1x1 pulgada	2m	8	16
-Varia preformada de 42mm x 25mm	40cm	0,5	20
-Conos Morse #2	2	25	50
-Mandril de ¾	2	35	70
-Eje de transmisión 1 ¾ de pulgada	20cm	25	25
-Piñón de 20 dientesZ 32	1	15	15
-Latón negro de 3/16 de pulgada	1m2	35	35
- Plancha negra 1”20x20cm	0,04m2	400	35
-Plancha negra de 6mm	1m2	41,66	41,66
- Galón de pintura esmalte	1gal	11	11
-Galón de pintura martillo	1gal	13	13
- Pernos 7/16 x 1 pulgada	10 pernos	0,35	3,5
- Soldadura AGA 6011	10lib	1,6	16
-Fabricación de chaveteros	2chab	5	10
-Masilla	1/4 mas	8	8
-Lija	4	0,6	2,4

-Acrílico	2m2	40	80
<i>Construcción y Montaje del sistema de movimiento de la máquina.</i>			
	1	200	200
- Mano de obra de construcción para el equipo			
<i>Diseño del sistema de adquisición de datos para la máquina.</i>			
	1	200	200
- Asesoría de técnico en electrónica			
<i>Adquisición de los accesorios necesarios para el montaje del sistema de adquisición de datos para la máquina.</i>			
-Computador básico	1	300	300
-Tarjeta de adquisición de datos	1	350	350
-Construcción del optómetro	1unidad	150	150
-Circuito de acondicionamiento	2	50	100
-Soldador regulable	1	30	30
-Optómetro de revoluciones	1	70	70
alambré cableado #22	20m	0,5	10
<i>Construcción del sistema de adquisición de datos para la máquina.</i>			
	1	100	100
-Mano de obra del técnico en electrónica			

<i>Realizar prácticas experimentales y tomar datos de las mismas.</i>			
-Obtener parámetros de torsión	5parametros	6	30
<i>Elaborar una base de datos donde se especifique los parámetros de torsión.</i>			
-Digitalización e impresión de documento	40hojas	10	4
-Manual de usuario	20hojas	10	2
<i>Exposición privada de la tesis</i>			
.	1	25	25
-Digitalización de diapositivas	4	15	60
-Impresión y anillado de tesis			
<i>Exposición pública de la tesis.</i>			
-Horas de alquiler de proyector	3horas	8	24
-Impresión y empastado de tesis	4	30	100
TOTAL			2999,56

3.5 METODOLOGÍA.

3.5.1 Métodos

El *método deductivo*, que nos permitirá hacer un enfoque del conocimiento general, para llegar al conocimiento particular. Puesto que de las generalidades llegamos a particularizar algunos conceptos, definiciones y clasificaciones que se relacionan con los ensayos destructivos.

También aplicaremos el *método inductivo*, que parte de algunos o varios casos particulares para de ellos obtener una conclusión general, ayudándonos así al desarrollo del proyecto.

Así mismo se utilizarán los *métodos analítico y sintético*, los mismos que serán empleados para analizar e interpretar la información obtenida y determinar el diseño y construcción del “banco de torsión”, permitiendo formular las conclusiones y recomendaciones en dirección de los objetivos planteados.

El *método matemático*, lo utilizaremos para la aplicación de fórmulas que permitirán evidenciar de manera clara y objetiva los cálculos a realizar.

También haremos uso del *método descriptivo*, refiriéndose a las condiciones necesarias para el diseño del banco de torsión. Este método será el sustento para la descripción de la situación organizativa y estructural del proyecto, manejo y registros de las operaciones, elaboración de planos, y en sí en el proceso del diseño hasta llegar a la elaboración del banco como producto final del trabajo.

3.5.2 Técnicas

En cuanto a las técnicas a utilizar en el presente trabajo, se aplicarán la observación y la entrevista.

La *observación*, será constante y metódica puesto que nos permitirá evidenciar la información necesaria para del diseño del banco de torsión y *la entrevista* dirigida a personas con conocimientos el campo de nuestro estudio, con la que se obtendrá información de los ensayos, para así llegar a formular el diseño respectivo.

3.6 IMPACTO AMBIENTAL.

Entendemos por impacto ambiental cualquier alteración, positiva o negativa, producida por la introducción en el territorio de una determinada actividad, la cual interviene sobre los factores que definen al mismo en cuanto al medio físico, biótico y abiótico y sobre las relaciones sociales y económicas del hombre con este medio.

La interacción de la máquina de ensayos a la torsión con la industria de la construcción y metalmecánica constituye el objetivo final de un proceso aplicado a la ingeniería en el diseño sobre la calidad de los materiales empleados. Sin embargo; es necesario considerar el impacto ambiental negativo que ocasiona, aunque éstos sean poco notorios, por ejemplo:

- Los vertimientos de aceites al piso por cañerías averiadas o en el momento de llenar el depósito de aceite, produce contaminación al medio ambiente, además de olores desagradables.
 - El ruido causado por la máquina en el momento de la rotura de los materiales a ensayar, puede producir un leve daño auditivo a los operadores.
 - Los residuos de las probetas ensayadas pueden considerarse como desechos sólidos, que al ser arrojados a la intemperie llegan a corroerse y de alguna manera contaminan el medio ambiente.
-

Frente a estos impactos negativos citamos algunas alternativas de mejoramiento, para que el operador tenga en cuenta al momento de realizar prácticas en la máquina de ensayos:

- Utilizar los protectores auditivos, para evitar el ruido en la rotura de materiales.
- Es conveniente reciclar los residuos de las probetas en un recipiente propio para esto y apartado de la máquina, para su posterior tratamiento de fundición.



CONCLUSIONES:

- La información recopilación sobre ensayos mecánicos permite tener una idea clara sobre las partes constitutivas y los parámetros necesarios sobre un banco de pruebas de torsión.
 - El banco diseñado e implementado permite obtener de manera confiable la resistencia mecánica de materiales sometidas a torsión mediante ensayos destructivos llevados a cabo de forma experimental sin ningún contratiempo, asegurando de esta manera su operatividad en el campo académico.
 - De acuerdo a los ensayos experimentales realizados se logra validar el banco de torsión obteniendo valores con un margen de error aceptable y graficas representativas semejantes a las analizadas en documentos técnicos sobre este campo lo que valida el prototipo desarrollado.
 - El manual de uso y operación del banco de pruebas es un instructivo entendible y de fácil interpretación para poder desarrollar de manera correcta los ensayos pertinentes.
-

RECOMENDACIONES:

- Para la puesta en marcha del equipo tomar muy en cuenta los parámetros expuestos en el manual de operatividad.
 - Realizar el mantenimiento preventivo tanto en la parte mecánica, eléctrica y electrónica del equipo.
 - En la probeta, verificar si las dimensiones de la misma son las estandarizadas antes de realizar el ensayo.
 - Calibrar el variador de frecuencia antes de poner en marcha al equipo.
 - Utilizar la vestimenta y protecciones adecuada para evitar posibles accidentes
 - Instalar el banco en un lugar donde exista un sistema de 220V con puesta a tierra para así evitar posibles daños a los elementos constitutivos y al personal.
-

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía Documental:

LIBROS:

- ÁLVAREZ, CLAUDINO; POMAS, VIDONDO. Tecnología.
- BOHMAN, IVÁN. Catálogo IBCA
- GERLING, HEINRICH. Máquinas Herramientas, Reverté. 2da. Ed. España. Es. 1978.
- GERLINGS, HEINRICH. Alrededor de las máquinas herramientas. 2da. Ed. Barcelona. Es. 1981.
- HALL, ALLEN S. Diseño de máquinas. McGraw-Hill. Colombia. CO. 1971.
- LabVIEW™ Básico I Manual del Curso Software del Curso versión 6.0.
- PISARENKO, G.S, Manual de resistencia de materiales Editorial MIR, Moscú. 1979.
- STIOPIN, P.A. Resistencia de materiales. Editorial MIR Moscú 1988.

SITIOS WEB:

- <http://docencia.udea.edu.co/ensayo> normalizado de torsión.
 - <http://es.wikipedia.org/wiki/ensayo> normalizado de torsión.
 - <http://www.mecanicainfo.com>.
 - [Monografias_com4.htm](#)- Ensayo de torsión.
 - [Wikipedia, la enciclopedia libre.htm\Ensayos mecánicos de los materiales.](#)
-

ANEXOS

Anexo1:

MATERIAL		Módulos		Características		Coeficientes de trabajo admisibles en kg/cm ²													
		Elasticidad kg/cm ²	Desgarramiento kg/cm ²	Carga de rotura kg/mm ²	Alargamiento %	Tracción			Compresión			Flexión			Cortadura			Torsión	
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Acero suave	2.150.000	830.000	35-50	25-15	900	800	300	900	800	300	900	800	300	720	480	240	800	400	200
Acero duro	2.200.000	850.000	50-70	20-10	1200	800	400	1200	800	400	1200	800	400	960	640	320	900	600	300
Acero muelles	2.000.000	900.000	70-150	16-5	1200	800	400	7500	5000		1200	800	400	960	640	320	8000	4000	
Acero al níquel	2.150.000	850.000	45-60	20-16	1800	1200	600	1800	1200	600	1800	1200	600	1440	960	480	1440	960	480
Acero cromo-níquel	2.080.000	850.000	65-115	20-13	2300	1600	800	2500	1800	900	2500	1800	900	2000	1300	700	2000	1300	700
Acero fundido	2.150.000	830.000	38-60	20-10	800	400	200	800	600	400	800	600	400	480	320	160	480	320	160
Fundición gris	750.000	300.000	11-36	-	300	200	100	300	200	100	300	200	100	300	200	100	270	180	90
Fundición mecanizada	"	"	19-35	-	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Fundición maleable	1.050.000	400.000	28-36	7,5-1	450	300	150	450	300	150	450	300	150	300	200	100	300	200	100
Cobre laminado	1.150.000	"	20-27	35-25	400	270	130	400	270	130	400	270	130	400	270	130	400	270	130
Plomo	1.150.000	"	1,25	37	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Aluminio fundido	885.000	260.000	9-15	13-8	100	70	30	150	100	50	150	100	50	150	100	50	150	100	50
Bronce fundido	1.200.000	"	55-60	30-10	400	270	130	400	270	130	400	270	130	400	270	130	400	270	130
Bronce fosforoso	1.200.000	"	30-44	41-34	800	400	200	800	400	200	800	400	200	450	300	150	450	300	150
Latón	800.000	"	15	12	400	270	130	400	270	130	400	270	130	400	270	130	400	270	130
Metal delta	1.050.000	"	40-75	40-10	800	400	200	800	400	200	800	400	200	480	320	160	480	320	160

Cargas de carga. — I, Carga estática o permanente. II, Carga alternativa, de un valor máximo a cero. III, Carga oscilante de un valor máximo positivo a máximo negativo.

FUENTE: Larbuo Nicolás, *Prontuario:Técnicas-Máquinas-Herramientas*, Pg. 188.

Anexo 2:

PROPIEDADES MECANICAS DE LOS ACEROS		PUNTO DE FLUENCIA	MODULOS DE ELASTICIDAD		Lim. a Fatiga	MAX. DUREZA					
MATERIAL	Resist. Última o Especifica		YOUNG	ROUGHNESS			BRIN. ROCKWELL				
NOMBRE	gr/cm ³	Tension σ _y / Kg/mm ²	Tension σ _e / Kg/mm ²	kg/mm ²	σ _f / Kg/mm ²	B C					
Fundición de Acero 0.20 %C (SAE 0022)	7.72	42.0	17.5	23.1	10.5	203.00	7.830	165	30	120	70
Fundición de Acero 0.30 %C (SAE 0030)	7.72	50.4	21.0	27.3	11.9	20.300	7.830	20.3	27	140	78
Fundición de Acero 0.40 %C (SAE 0040)	7.72	56.0	22.4	30.2	14.0	20.300	8.120	22.4	22	160	84
Aleación Acero al Carbono (SAE 090 . ASTM A-142)	7.72	62.0	42.0	42.0	25.2	20.300	7.900	...	20	187	...
Acero Inoxidable : C-010 ; Cr-012 ; Ni-1	7.73	63.0	38.5	38.5	23.1	20.300	7.930	26.0	...	180	89
Acero Inoxidable : C-010 ; Mn-040 ; Si-035 ; Cr-12 ; Ni-0.50	7.73	113.0	91.0	91.0	56.0	20.300	7.830	43.0	...	380	112
Acero Inoxidable (SAE 30905)	7.80	79.6	42.0	42.0	25.2	21.000	8.400	28.0	...	200	94
Acero al Carbono (SAE 1010)	7.78	67.2	33.7	33.7	21.0	21.000	8.400	28.0	24	190	92
Acero al Carbono (SAE 1020)	7.78	37.6	21.7	21.7	14.0	21.250	8.200	16.8	36	110	85
Acero al Carbono (SAE 1030)	7.78	43.4	24.5	24.5	15.4	21.200	8.150	18.2	30	125	71
Acero al Carbono (SAE 1040)	7.78	52.5	29.4	29.4	18.2	21.000	8.050	22.4	26	150	81
Acero al Carbono (SAE 1050)	7.73	63.0	35.0	35.0	14.0	20.000	8.000	25.9	22	180	89
Acero al Carbono (SAE 1055)	7.73	66.5	36.4	36.4	24.5	20.800	8.000	29.4	20	190	92
Acero al Carbono (SAE 1055)	7.73	84.0	42.0	42.0	25.2	20.300	9.000	32.2	20	240	105
Acero al Carbono (SAE 1120)	7.78	103.0	56.0	56.0	35.0	20.800	8.000	42.0	16	300	107
Acero al Niquel (SAE 2320)	7.78	43.4	23.9	23.9	15.4	21.200	8.800	18.2	20	125	72
Acero al Niquel (SAE 2340)	7.78	49.0	31.5	31.5	18.9	20.800	8.400	28.0	29	140	76
Acero al Niquel (SAE 2340)	7.78	84.0	56.0	56.0	35.0	20.800	8.400	42.0	25	260	103
Acero al Cromo-Niquel (SAE 3140)	7.78	66.5	38.5	38.5	22.4	21.000	8.470	31.5	26	190	92
Acero al Cromo-Niquel (SAE 3140)	7.78	84.0	66.5	70.0	42.0	21.000	8.470	35.0	22	220	96
Acero al Cromo-Niquel (SAE 3240)	7.78	59.5	42.0	42.0	25.2	21.400	8.750	35.0	26	170	87
Acero al Cromo-Niquel (SAE 3240)	7.78	108.5	66.5	70.0	39.8	21.400	8.750	56.2	17	270	104
Acero al Cromo-Niquel (SAE 6150)	7.78	77.0	56.0	56.0	33.7	21.400	8.750	35.0	26	235	99
Acero al Cromo-Niquel-Yanodio (SAE 6150)	7.78	112.0	84.0	98.0	50.4	21.400	8.750	56.0	19	325	109
Acero Aleado con Nitrogeno	7.78	140.0	119.0	133.0	70.0	21.700	9.100	56.0	13	390	112
Hierro Forjado (A 41-30) +	7.70	112.0	91.0	91.0	56.0	21.300	8.750	49.0	...	340	109
Hierro Puro : 99.94 % Fe	7.67	87.5	63.0	64.0	38.5	21.300	9.120	56.2	13	400	113
Hierro Puro : 99.94 % Fe	7.67	32.8	18.2	16.8	11.2	18.900	7.000	14.0	25	100	60
Hierro Puro : 99.94 % Fe	7.80	31.8	17.5	17.5	10.5	21.000	6.400	16.8	30	100	60

* Para secciones de mas de 12.7 de diametro, gradualmente decrece con el tamaño. (mm)

FUENTE: ESPOL, Manual de Catálogos para Diseño de Ingeniería.

Anexo 3:

PROPIEDADES MECÁNICAS TÍPICAS A TEMPERATURA AMBIENTE

Metal	Resistencia a la tracción, klb/pulg ²	Resistencia en el punto de fluencia klb/pulg ²	Alargamiento máximo, %	Reducción de área, %	Número Brinell
Fundición de hierro	18-60	8-40	0	0	100-300
Hierro forjado	45-55	25-35	35-25	55-30	100
Hierro comercialmente puro, recocido	42	19	48	85	70
Laminado en caliente	48	30	30	75	90
Laminado en frío	100	95			200
Acero estructural ordinario	50-65	30-40	40-30		120
Baja aleación, alta resistencia	65-90	40-80	30-15	70-40	150
Acero SAE 1300, recocido	70	40	26	70	150
Templado, estirado a 1300°F	100	80	24	65	200
Estirado a 1000°F	130	110	20	60	260
Estirado a 700°F	200	180	14	45	400
Estirado a 400°F	240	210	10	30	480
Acero, SAE 4340, recocido	80	45	25	70	170
Templado, estirado a 1300°F	130	110	20	60	270
Estirado a 1000°F	190	170	14	50	395
Estirado a 700°F	240	215	12	48	480
Estirado a 400°F	290	260	10	44	580
Acero laminado en frío, SAE 1112	84	76	18	45	160
Acero inoxidable 18-S	85-95	30-35	60-55	75-65	145-160
Fundiciones de acero, trat. térmicamente	60-125	30-90	33-14	65-20	120-250
Aluminio puro, laminado	13-24	5-21	35-5		23-44
Fundiciones de aleaciones aluminio-cobre	19-23	12-16	4-0		50-80
Forjas tratadas térmicamente	30-60	10-50	33-15		50-120
Aluminio de fundición a presión	30		2		
Aleación de aluminio 17ST	56	34	26	39	100
Aleación de aluminio 51ST	48	40	20	35	105
Cobre recocido	32	5	58	73	45
Cobre estirado en frío	68	60	4	55	100
Latones varios	40-120	8-80	60-3		50-170
Bronce fosforado	40-130		55-5		50-200
Bronce Tobin, laminado	63	41	40	52	120
Diversas aleaciones de magnesio	21-45	11-30	17-0.5		47-78
Monel 400, aleación Ni-Cu	79	30	48	75	125
Molibdeno, laminado	100	75	30		250
Plata, fundición, recocido	18	8	54		27
Titanio, aleación 6-4, recocido	130	120	10	25	352
Hierro dúctil, grado 80-55-06	80	55	6		225-255

NOTA: Resistencia a la compresión de fundición hierro 80 000 a 150 000 lb/pulg².

Resistencia en el punto de fluencia de compresión de todos los metales, excepto los trabajados en frío = resistencia en el punto de fluencia de tracción.

Esfuerzo, klb/pulg² × 6.894 = esfuerzo, MN/m².

FUENTE: Eugene Avallone y Theodore Boumeister, *Manual del Ingeniero Mecánico*.

Anexo 4:

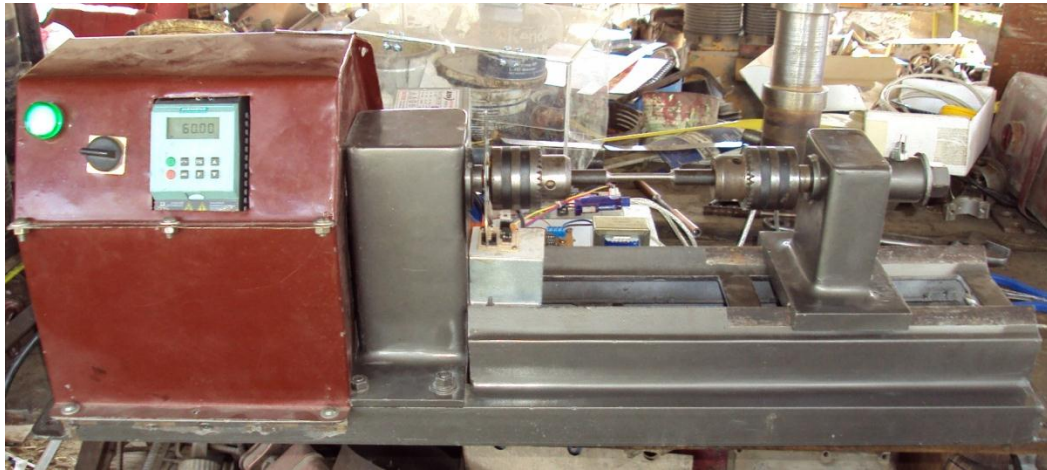
FACTORES DE SEGURIDAD

Disposiciones básicas		COEFICIENTES DE PONDERACIÓN			TABLA EA-1
CASO DE CARGA		CLASE DE ACCIÓN	Coeficiente de ponderación si el efecto de la acción es...		
			Desfavorable		Favorable
CASO I Acciones constantes y combinación de dos acciones variables independientes	Ia	Acciones constantes	1,33	1,33	1,00
		Sobrecarga	1,33	1,50	0,00
		Viento	1,50	1,33	0,00
	Ib	Acciones constantes	1,33		1,00
		Sobrecarga	1,50		0,00
		Nieve	1,50		0,00
	Ic	Acciones constantes	1,33		1,00
		Viento	1,50		0,00
		Nieve	1,50		0,00
CASO II Acciones constantes y combinación de tres acciones variables independientes	Acciones constantes	1,33		1,00	
	Sobrecarga	1,33		0,00	
	Viento	1,33		0,00	
	Nieve	1,33		0,00	
CASO III Acciones constantes y combinación de cuatro acciones variables independientes, incluso las acciones sísmicas	Acciones constantes	1,00		1,00	
	Sobrecarga	r (1)		0,00	
	Viento	0,25 (2)		0,00	
	Nieve	0,50 (3)		0,00	
	Acciones sísmicas	1,00		0,00	
<p>(1) r es el coeficiente reductor para las cargas de la Norma Sismorresistente, que indica: Caso 1°. Azoteas, viviendas y hoteles (salvo locales de reunión): r = 0,50 Caso 2°. Oficinas, comercios, calzadas y garajes: r = 0,60 Caso 3°. Hospitales, cárceles, edificios docentes, iglesias, edificios de reunión y espectáculos y sales de reuniones de hoteles: r = 0,80</p> <p>(2) Sólo se considerará en construcciones en situación topográfica expuesta o muy expuesta (Norma MV 101).</p> <p>(3) En caso de lugares en los que la nieve permanece acumulada habitualmente más de treinta días, en el caso contrario el coeficiente es 0,0</p>					
<p>Consideraciones</p> <p>En los aceros A42 y A52 como el coeficiente de minoración del acero $\gamma_a = 1$, resulta que la resistencia del cálculo σ_u es igual al límite elástico σ_e respectivo, $\sigma_u = 2,6 \text{ t/cm}^2$ para el acero A42 y $\sigma_u = 3,6 \text{ t/cm}^2$ para el A52. Aplicando a estos valores los coeficientes de ponderación de las acciones $\gamma_s = 1,33$ para las constantes y $\gamma_s = 1,50$ para las variables, resultaría:</p> $\text{Acero A42, } \sigma_{e \text{ ad}} = \frac{2.600}{1,33} = 1.955 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } \sigma_{v \text{ ad}} = \frac{2.600}{1,5} = 1.733 \text{ kg/cm}^2$ $\text{Acero A52, } \sigma_{e \text{ ad}} = \frac{3.600}{1,33} = 2.706 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } \sigma_{v \text{ ad}} = \frac{3.600}{1,5} = 2.400 \text{ kg/cm}^2$ <p>En el supuesto de actuar solamente acciones constantes, se puede fijar desde un principio los coeficientes de trabajo admisibles ($\sigma_{e \text{ ad}}$), circunstancia que no es posible para el caso de acciones constantes combinadas con variables, y así, por ejemplo, para el caso Ib, resultaría:</p> $\begin{array}{l} \text{Acción constante, } F_a, \text{ tensión admisible } \sigma_{c \text{ ad}} = F_a \cdot 1,33 \\ \text{Sobrecarga, } F_s, \text{ tensión admisible } \sigma_{s \text{ ad}} = F_s \cdot 1,50 \\ \text{Nieve, } F_n, \text{ tensión admisible } \sigma_{n \text{ ad}} = F_n \cdot 1,50 \end{array}$ $\frac{\Sigma F}{\Sigma F \cdot \gamma_s}$ <p>Tensión máxima admisible, $\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{\Sigma F \cdot \gamma_s}{\Sigma F}$</p> <p>Esta tensión máxima admisible, estará comprendida entre 1.955 y 1.733 kg/cm² para el acero A42, y entre 2.706 y 2.400 kg/cm² para el A52, motivo por el cual los cálculos deben realizarse mayorando las acciones con ponderación y comprobando que la tensión máxima alcanzada no supere los valores:</p> $\sigma_{m\acute{a}x} < 2.600 \text{ kg/cm}^2 \text{ para el acero A42}$ $\sigma_{m\acute{a}x} < 3.600 \text{ kg/cm}^2 \text{ para el acero A 52}$					

FUENTE: Larburon., *Prontuario de Acero Laminado y Construcciones Metálicas.*

Anexo 5

Máquina de torsión.



Anexo 6

Variador de frecuencia instalado.



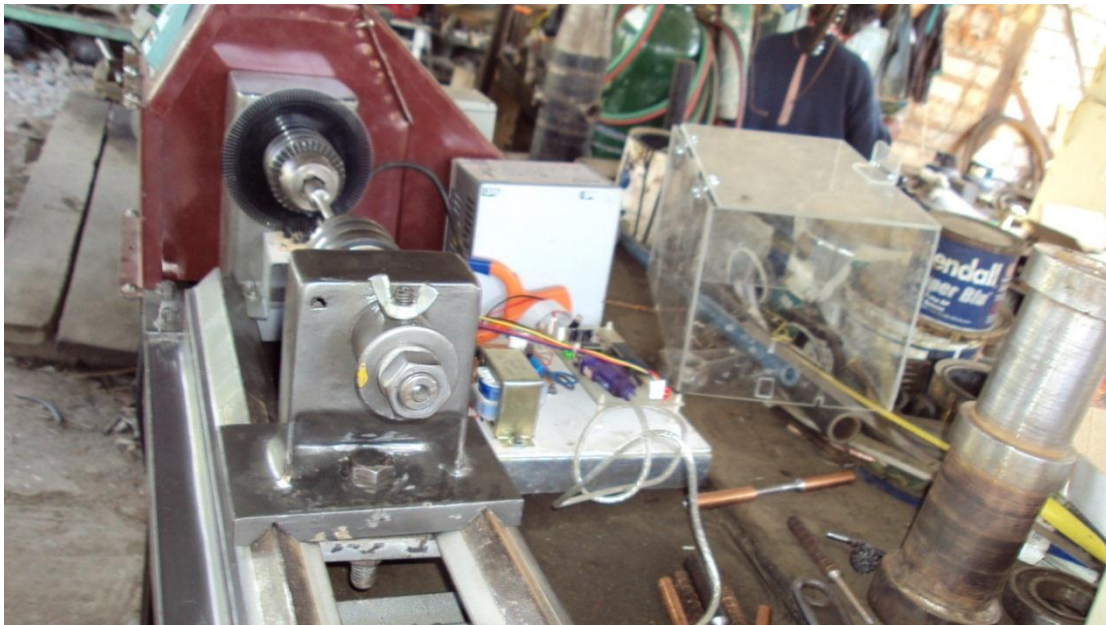
Anexo 8

Máquina de torsión con probeta y variador de frecuencia en funcionamiento.



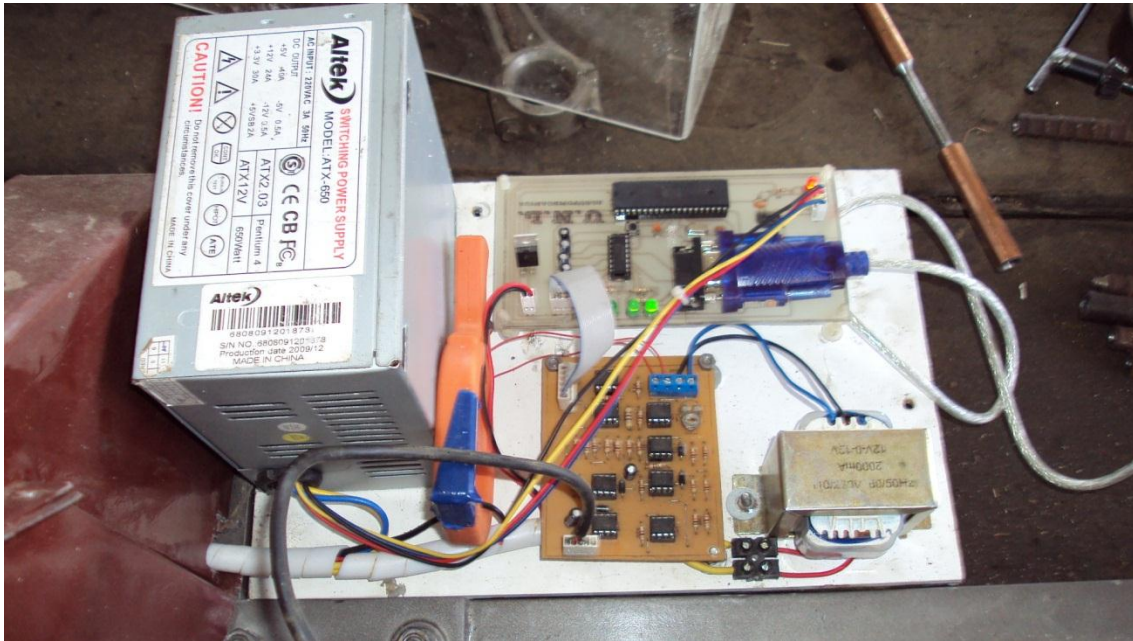
Anexo 9

Máquina de torsión y el sistema de adquisición de datos.



Anexo10

Sistema de adquisición de datos



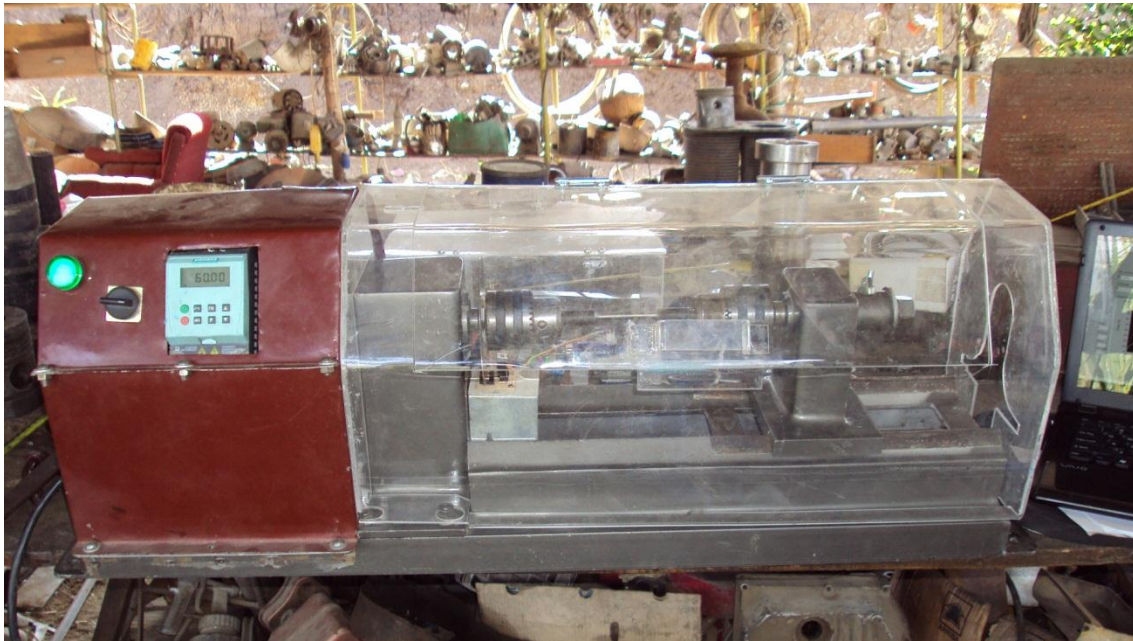
Anexo 11

Máquina de torsión y toma de datos en la computadora



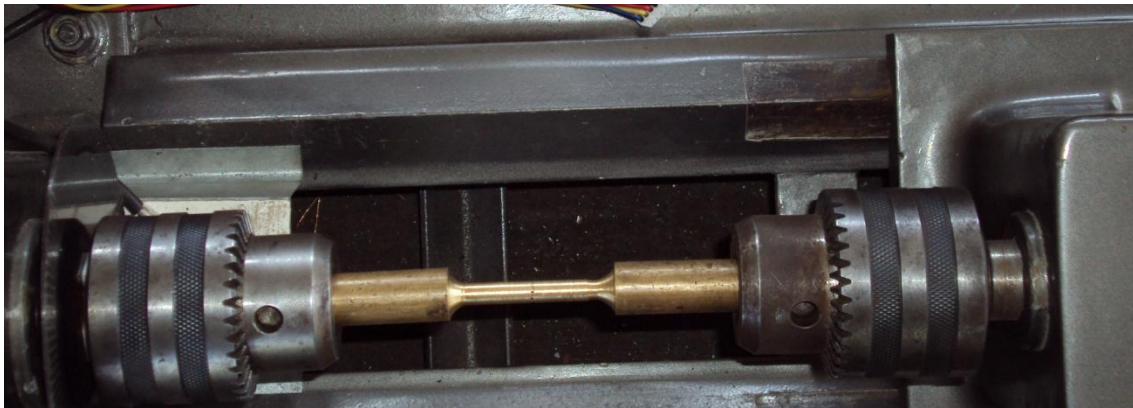
Anexo 12

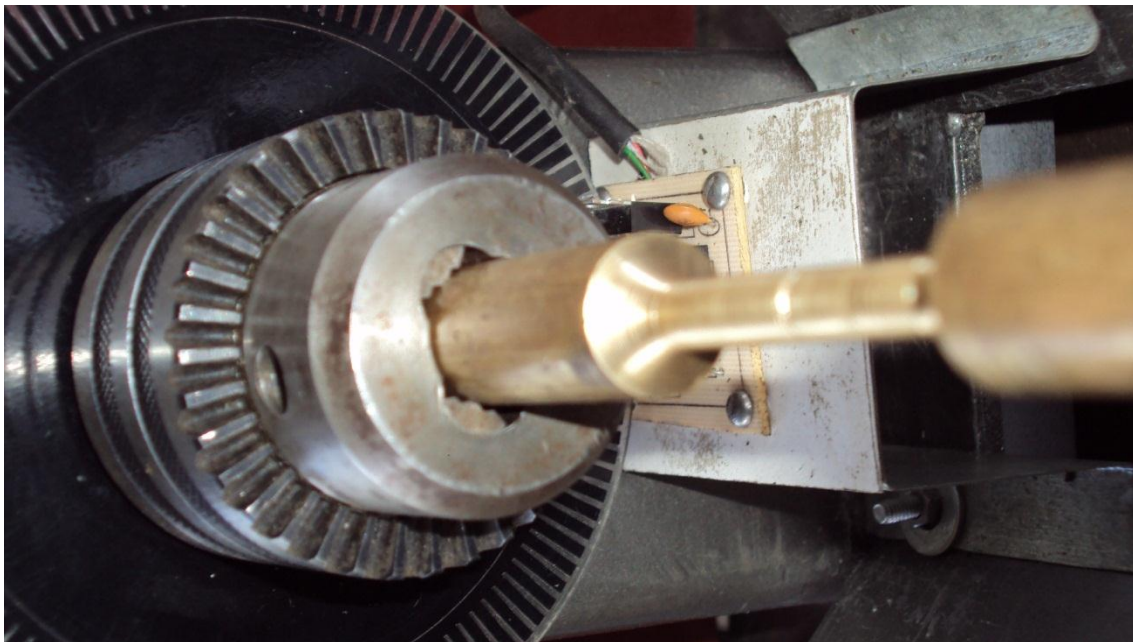
Máquina de torsión con su cubierta.



Anexo 13

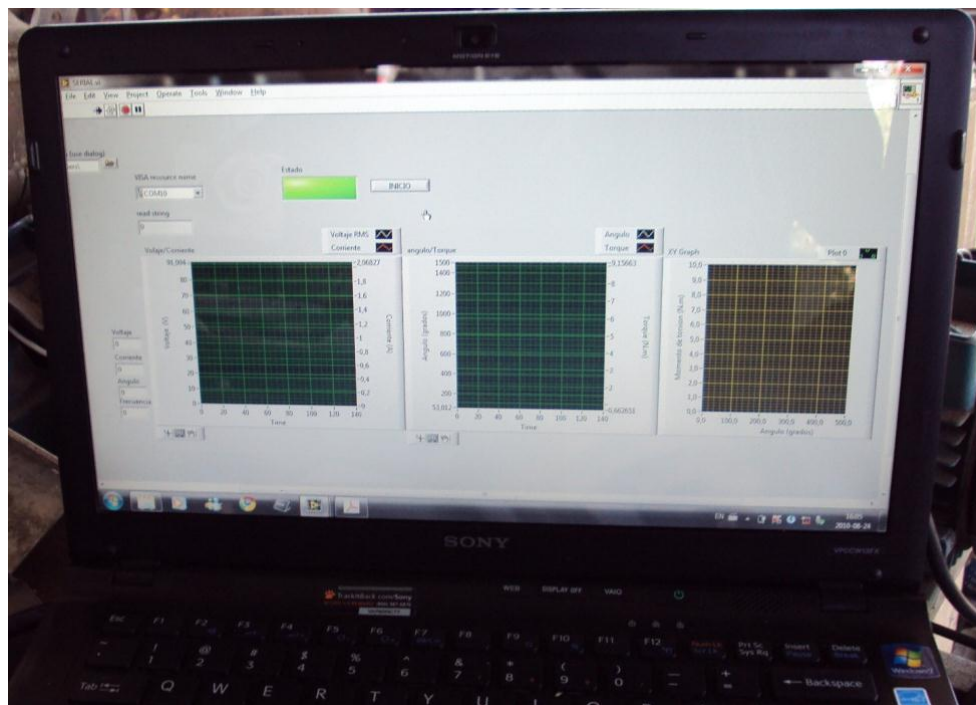
Probeta puesta en los mandriles de la máquina.





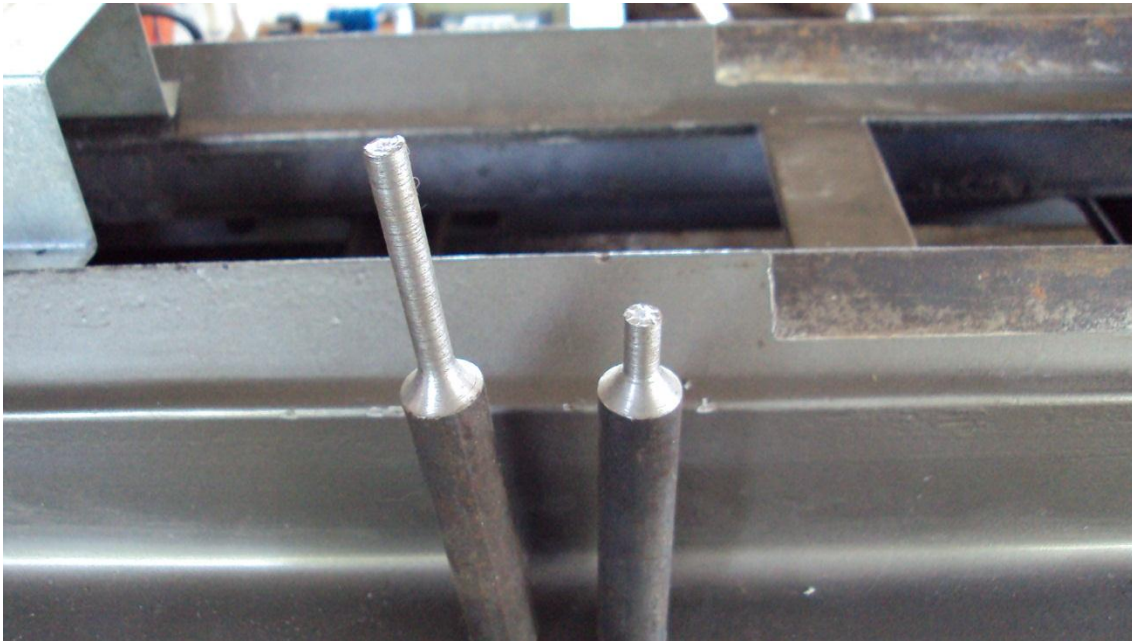
Anexo 14

Programa de la adquisición de datos.



Anexo 15

Probeta ya realizada la prueba.



DIBUJOS Y PLANOS.

GUÍA DE LA PRÁCTICAS

1. Nombre de la práctica

Ensayo de torsión

Material: ACERO 1018

2. Objetivo

- ❖ Obtener el módulo de rigidez del material sometido al ensayo.
- ❖ Obtener la curva esfuerzo deformación del material seleccionado.
- ❖ Determinar la relación entre momento torsor y deformación angular para los materiales ensayados.
- ❖ Comparar los resultados obtenidos de los materiales ensayados.

3. Procedimiento

- 3.1. Antes de realizar cualquier acción en el tablero principal asegurarse que los sensores y el computador se encuentren encendidos.
 - 3.2. Las probetas deben ser estandarizadas que permitan, que las mediciones de deformación angulares sean exactas.
 - 3.3. La probeta se la coloca entre las mordazas. Se ajusta primero el mandril del lado del cabezal de medición, se alinea en el mandril opuesto y se aprieta.
 - 3.4. Pre calibra el sistema de torsión (mediante el tablero)
 - 3.5. En el variador de frecuencia se realiza los siguientes pasos:
-

- Inicio de la puesta en servicio rápida.- se inicia poniendo P0010=1 y se finaliza con P3900≠0 después de finalizar la puesta en marcha en servicio rápida el parámetros P0010 se pone automáticamente a 0 (requisitos indispensables para poder accionar el motor)
- Europa / Norteamérica.

Para ajustes 0 y 1 use interruptor DIP 2 para ajustes 2 use P0100.

0 = kw/50Hz

1 = hp/ 60Hz

2 = kw / 60Hz

- (P0304) Tensión nominal del motor (v) tomada de la placa de características.
- (P0305) Corriente nominal del motor (A) tomada de la placa de características.
- (P0307) Potencia nominal del motor (Kw) tomada de la placa de características. Si P0100 = 1 los valores deberán ser en HP.
- (P0310) Frecuencia nominal del motor (Hz) tomada de la placa de características.
- (P0311) Velocidad nominal del motor (rpm) tomada de la placa de características.
- (P0700) Selección de la fuente de ordenes: (on/off/inverso)

1= BOP

2= Bornes/ terminales

5= USS interface

- (P1000) Selección de la consigna de frecuencia

1 = BOP

2 = Consigna analógica

3 = Fixedfrequencies

5 = USS interface

- (P1080) Frecuencia mínima del motor.- ajuste del mínimo de la frecuencia del motor (0 – 650Hz) a partir de la cual girara el motor con diferencias de la consigna de frecuencia ajustada. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro horario (a la derechas) como anti horario (a izquierda)
 - (P1082) Frecuencia máxima del motor.- ajuste máximo de la frecuencia del motor (0 – 650Hz) a partir de la cual girara el motor con indiferencia de la consigna de frecuencia ajustada. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro horario como anti horario.
 - (P1120) Tiempo de aceleración.- tiempo que lleva al motor acelerar de la frecuencia máx. del motor a la parada.
 - (P1121) Tiempo de deceleración.- tiempo que lleva al motor decelerar de la frecuencia máx. del motor a la parada.
 - (P3900) Finalizar la puesta en servicio.-

0 = Sin respuesta en servicio rápida sin cálculo del motor ni reajuste de fábrica.
-

1 = Fin puesta en servicio rápida con cálculo del motor y reajuste de fábrica (recomendada)

2 = Fin de puesta en servicio rápida con cálculo del motor y reajuste de E/S

3 = Fin puesta de servicio rápida con cálculo del motor pero sin reajuste de fábrica.

4. Sistema Categorial

- ☞ Ensayo a la torsión:
- ☞ Curvas de esfuerzo-deformación:
- ☞ Propiedades mecánicas:
 - Límite de proporcionalidad.
 - Límite de elasticidad. (Elástico).
 - Punto de fluencia.
 - Tensión de rotura.
 - Zona elástica:
 - Zona plástica:
 - Ley de Hooke.
 - Módulo de elasticidad.
 - Alargamiento.
 - Estricción

5. Las preguntas de control

- ¿Qué tipo de carga realiza la máquina?
 - ¿Cuál fue la carga máxima antes de la ruptura?
 - ¿Qué aspectos de fractura tuvo el ensayo y explique porque?
 - ¿Por qué la longitud de calibración en especial la zona de estricción produce calentamiento?
 - ¿La probeta se fracturó en el punto concentrador de esfuerzo? Si o No. Explique
-

- ¿Cuál es el límite de proporcionalidad?
 - ¿Cuál es el límite de fluencia?
 - ¿Cuál es el límite de elástica?
 - ¿Cuál es el límite de plástica?
 - ¿Cuál es el límite de ruptura aparente?
 - ¿Cuál es el límite de ruptura real?
-

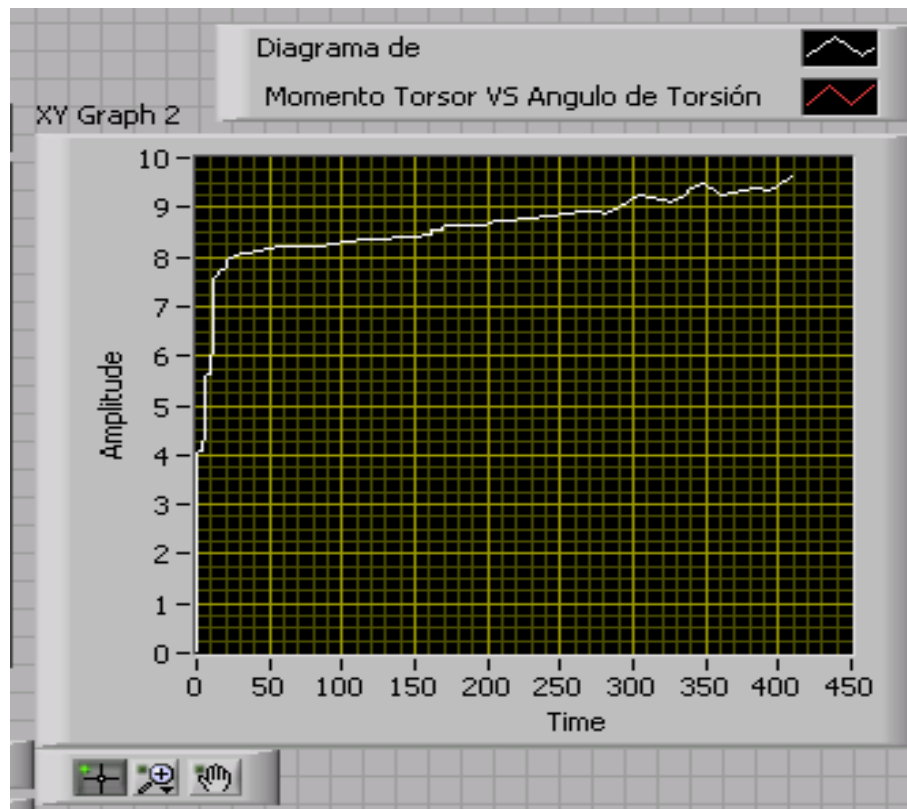
PRACTICA # 1

Propiedades Mecánicas:

- ❖ Dureza Brinell → $HB = 163$.
- ❖ Módulo de Elasticidad → $G = 190 \text{ GPa} = 1.9 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$.
- ❖ Limite de Fluencia = 2303 Kg/cm^2 .
- ❖ Elongación = 20 % máx.
- ❖ Reducción de la Superficie = 57 %.
- ❖ Longitud de la Probeta → $L = 9.5 \text{ cm}$.
- ❖ Tensión Admisible → $\sigma_{adm} = 2395.51 \text{ Kg/cm}^2 = \text{Tensión Cortante } \sigma_{cor}$.

Dimensiones de la probeta al inicio y final de la prueba de ensayo:

- ❖ Diámetro inicial → $D_o = 6 \text{ mm}$.
- ❖ Área inicial = 28.27 mm^2 .
- ❖ Diámetro final → $D_o = 5.6 \text{ mm}$.
- ❖ Área inicial = 24.63 mm^2 .



Cálculos efectuados sobre la probeta:

- 1. Cálculo del momento polar de inercia para ejes macizos.**

$$I_p = \frac{\pi * D_o^4}{32}$$

$$I_p = \frac{\pi * (0.6 \text{ cm})^4}{32}$$

$$I_p = 0.0127 \text{ cm}^4$$

- 2. Cálculo del momento torsor para que se produzca la rotura de la probeta.**

$$M_t = \frac{\sigma_{cor} * I_p}{r}$$

$$M_t = \frac{2395.51 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.0127 \text{ cm}^4}{0.3 \text{ cm}}$$

$$M_t = 101.6 \text{ Kg.cm}$$

- 3. Cálculo de la deformación por torsión.**

$$\gamma = \frac{\sigma_{adm}}{G}$$

$$\gamma = \frac{2395.51 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{1.9 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$\gamma = 1.261 \times 10^{-3} \text{ rad} = 0.0723^\circ$$

- 4. Cálculo del ángulo de torsión.**

$$\theta = \frac{M_t * L}{G * I_p}$$

$$\theta = \frac{101.6 \text{ Kg. cm} * 9.5 \text{ cm}}{1.9 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.0127 \text{ cm}^4}$$

$$\theta = 0.04 \text{ rad} = 2.29^\circ$$

5. Rigidez Torsional.

$$KT = \frac{G * Ip}{L}$$

$$KT = \frac{1.9 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.0127 \text{ cm}^4}{9.5 \text{ cm}}$$

$$KT = 2540 \text{ Kg. cm}$$

PRACTICA # 2

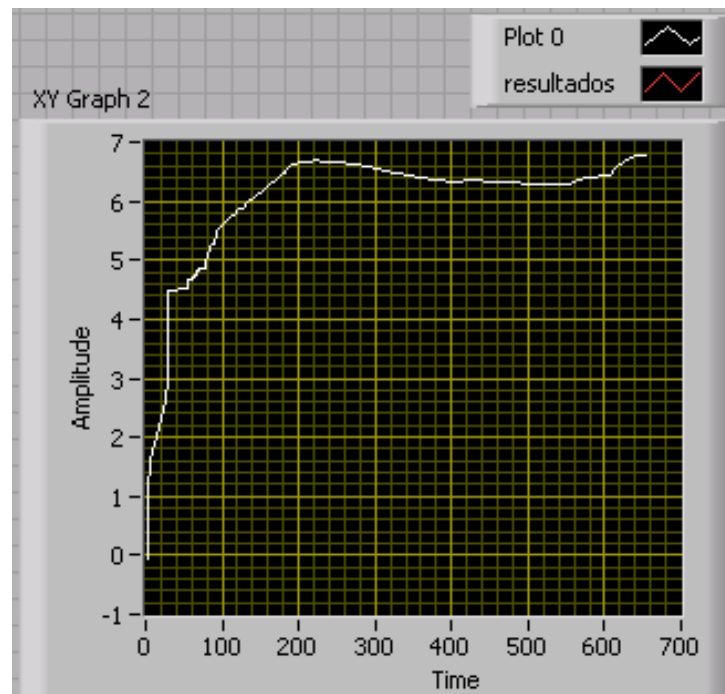
ACERO 1050

Propiedades Mecánicas:

- ❖ Dureza Brinell → HB = 187.
- ❖ Módulo de Elasticidad → $G = 190 \text{ GPa} = 1.9 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$.
- ❖ Limite de Fluencia = 2450 Kg/cm^2 .
- ❖ Elongación = 23.7 % máx.
- ❖ Reducción de la Superficie = 39.9 %.
- ❖ Longitud de la Probeta → $L = 9.5 \text{ cm}$.
- ❖ Tensión Admisible → $\sigma_{adm} = 2450 \text{ Kg/cm}^2 = \text{Tensión Cortante } \sigma_{cor}$.

Dimensiones de la probeta al inicio y final de la prueba de ensayo:

- ❖ Diámetro inicial → $D_o = 6 \text{ mm}$.
- ❖ Área inicial = 28.27 mm^2 .
- ❖ Diámetro final → $D_o = 5.6 \text{ mm}$.
- ❖ Área final = 24.63 mm^2 .



Cálculos efectuados sobre la probeta:

- 1. Cálculo del momento polar de inercia para ejes macizos.**

$$I_p = \frac{\pi * D_o^4}{32}$$

$$I_p = \frac{\pi * (0.6 \text{ cm})^4}{32}$$

$$I_p = 0.0127 \text{ cm}^4$$

- 2. Cálculo del momento torsor para que se produzca la rotura de la probeta.**

$$M_t = \frac{\sigma_{cor} * I_p}{r}$$

$$M_t = \frac{2450 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.0127 \text{ cm}^4}{0.3 \text{ cm}}$$

$$M_t = 103.91 \text{ Kg.cm}$$

- 3. Cálculo de la deformación por torsión.**

$$\gamma = \frac{\sigma_{adm}}{G}$$

$$\gamma = \frac{2450 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{1.9 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$\gamma = 1.289 \times 10^{-3} \text{ rad} = 0.074^\circ$$

- 4. Cálculo del ángulo de torsión.**

$$\theta = \frac{M_t * L}{G * I_p}$$

$$\theta = \frac{103.91 \text{ Kg.cm} * 9.5 \text{ cm}}{1.9 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.0127 \text{ cm}^4}$$

$$\theta = 0.041 \text{ rad} = 2.35^\circ$$

5. Rigidez Torsional.

$$KT = \frac{G * Ip}{L}$$

$$KT = \frac{1.9 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.0127 \text{ cm}^4}{9.5 \text{ cm}}$$

$$KT = 2540 \text{ Kg.cm}$$

PRACTICA # 3

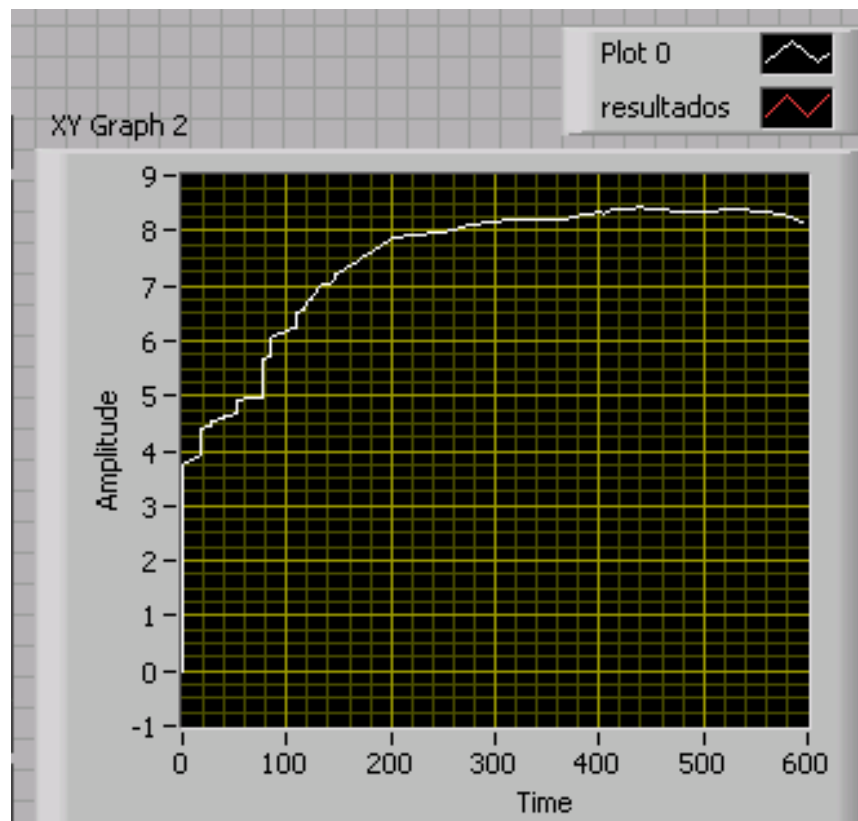
ALUMINIO

Propiedades Mecánicas:

- ❖ Módulo de Elasticidad $\rightarrow G = 70 \text{ GPa} = 0.714 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$.
- ❖ Longitud de la Probeta $\rightarrow L = 9.5 \text{ cm}$.
- ❖ Tensión Admisible $\rightarrow \sigma_{adm} = 100 \text{ MPa} = 1019.716 \text{ Kg/cm}^2$ Tensión Cortante σ_{cor} .

Dimensiones de la probeta al inicio y final de la prueba de ensayo:

- ❖ Diámetro inicial $\rightarrow D_o = 6 \text{ mm}$.
- ❖ Área inicial = 28.27 mm^2 .
- ❖ Diámetro final $\rightarrow D_o = 5.6 \text{ mm}$.
- ❖ Área inicial = 24.63 mm^2 .



Cálculos efectuados sobre la probeta:

6. Cálculo del momento polar de inercia para ejes macizos.

$$I_p = \frac{\pi * D_o^4}{32}$$

$$I_p = \frac{\pi * (0.6 \text{ cm})^4}{32}$$

$$I_p = 0.0127 \text{ cm}^4$$

7. Cálculo del momento torsor para que se produzca la rotura de la probeta.

$$M_t = \frac{\sigma_{cor} * I_p}{r}$$

$$M_t = \frac{1019.716 * 0.0127 \text{ cm}^4}{0.3 \text{ cm}}$$

$$M_t = 43.17 \text{ Kg.cm}$$

8. Cálculo de la deformación por torsión.

$$\gamma = \frac{\sigma_{adm}}{G}$$

$$\gamma = \frac{1019.716 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{0.714 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$\gamma = 1.43 \times 10^{-3} \text{ rad} = 0.082^\circ$$

9. Cálculo del ángulo de torsión.

$$\theta = \frac{Mt * L}{G * Ip}$$

$$\theta = \frac{43.17 \text{ Kg.cm} * 9.5 \text{ cm}}{0.714 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.0127 \text{ cm}^4}$$

$$\theta = 0.0452 \text{ rad} = 2.59^\circ$$

10. Rigidez Torsional.

$$KT = \frac{G * Ip}{L}$$

$$KT = \frac{0.714 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.0127 \text{ cm}^4}{9.5 \text{ cm}}$$

$$KT = 954.51 \text{ Kg.cm}$$

PRACTICA # 4

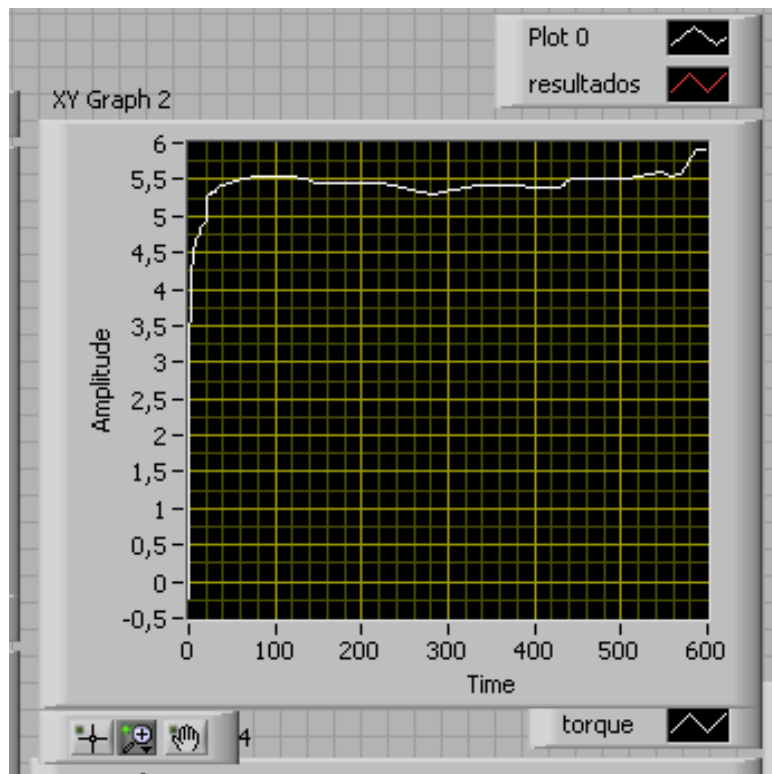
BRONCE

Propiedades Mecánicas:

- ❖ Dureza Brinell \rightarrow HB = 70-200.
- ❖ Módulo de Elasticidad \rightarrow G = 115 GPa = 1.17×10^6 Kg/cm².
- ❖ Elongación = 65 % máx.
- ❖ Longitud de la Probeta \rightarrow L = 9.5 cm.
- ❖ Tensión Admisible \rightarrow $\sigma_{adm} = 2345.35$ Kg/cm² = Tensión Cortante σ_{cor} .

Dimensiones de la probeta al inicio y final de la prueba de ensayo:

- ❖ Diámetro inicial \rightarrow Do = 6 mm.
- ❖ Área inicial = 28.27 mm².
- ❖ Diámetro final \rightarrow Do = 5.6 mm.
- ❖ Área final = 24.63 mm².



Cálculos efectuados sobre la probeta:

11. Cálculo del momento polar de inercia para ejes macizos.

$$I_p = \frac{\pi * D_o^4}{32}$$

$$I_p = \frac{\pi * (0.6 \text{ cm})^4}{32}$$

$$I_p = 0.0127 \text{ cm}^4$$

12. Cálculo del momento torsor para que se produzca la rotura de la probeta.

$$M_t = \frac{\sigma_{cor} * I_p}{r}$$

$$M_t = \frac{2345.35 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.0127 \text{ cm}^4}{0.3 \text{ cm}}$$

$$M_t = 99.29 \text{ Kg.cm}$$

13. Cálculo de la deformación por torsión.

$$\gamma = \frac{\sigma_{adm}}{G}$$

$$\gamma = \frac{2345.35 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}{1.17 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}}$$

$$\gamma = 2.01 \times 10^{-3} \text{ rad} = 0.13^\circ$$

14. Cálculo del ángulo de torsión.

$$\theta = \frac{Mt * L}{G * Ip}$$

$$\theta = \frac{99.29 \text{ Kg.cm} * 9.5 \text{ cm}}{1.17 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.0127 \text{ cm}^4}$$

$$\theta = 0.0635 \text{ rad} = 4.04^\circ$$

15. Rigidez Torsional.

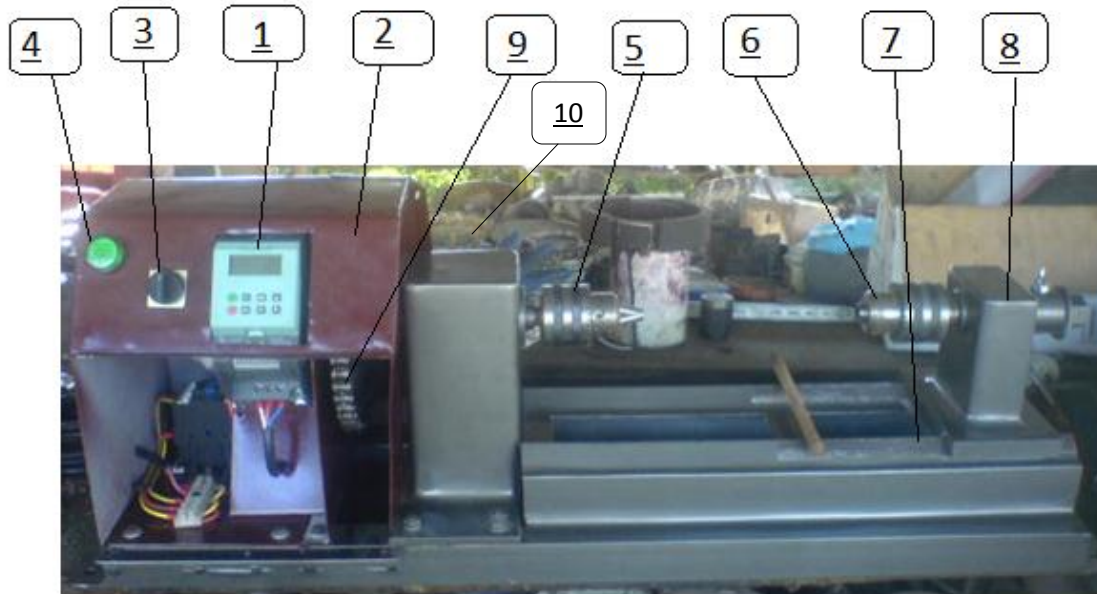
$$KT = \frac{G * Ip}{L}$$

$$KT = \frac{1.17 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} * 0.0127 \text{ cm}^4}{9.5 \text{ cm}}$$

$$KT = 1564.11 \text{ Kg.cm}$$

GUÍA DEL USUARIO

BANCO PARA ENSAYO DE TORSIÓN



El banco de pruebas es una herramienta que facilita el estudio de los ensayos de torsión de materiales, antes de poner en funcionamiento el banco se debe tener en cuenta ciertas consideraciones de uso.

CONTENIDO.

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MÁQUINA

La máquina de torsión, está destinada a ser usada en el Laboratorio de Ensayo de Materiales, en la Universidad Nacional de Loja; específicamente en el Área De Las Energías Y Los Recursos Naturales No Renovables para la carrera de Ing. Electromecánica.

El equipo sirve para el ensayo de torsión de diferentes materiales hasta la rotura. Se mide el momento de comprobación y el ángulo de giro. Se presenta un tipo de probetas normalizada según DIN50125. El momento se aplica mediante un motor de 0.5HP con un sistema de reducción por medio de cadena, gracias al

convertidor de frecuencia, ofrece diferentes velocidades de impulsión un transmisor de giro optoelectrónica registra el ángulo de torsión. El estribo es corredizo para adaptación a diferentes longitudes de probetas. La placa de base está reforzada contra la torsión con perfiles de caja. Una cubierta transparente de plástico protege contra trozos rotos disparados.

2. ESPECIFICACIONES.

1. Equipo de mesa para ensayo de torsión motorizado de diferentes materiales hasta la rotura
2. Par de comprobación máx. 10Nm
3. Velocidades de torsión rpm
4. Longitud máx. de probeta mm
5. Material de las probetas: acero, latón, aluminio
6. Mandril para probetas, hexágono de 19mm
7. Medición del par de torsión, calibre extensométrico 0...199,9Nm
8. Registrador optoelectrónica (Encoder) del ángulo de giro 0...360°, resolución 0,3°
9. Indicación digital de los valores de medición mediante monitor PC
10. Motor reductor controlado por régimen de revoluciones mediante convertidor de frecuencia, regímenes de revoluciones fijos
11. Potencia motor 0,12kW 0 0,50HP
12. LxAxAl 1100x550x450mm

3. PARTES CONSTITUTIVAS

1. Variador de frecuencia
 2. Carcasa
 3. Accionamiento.
 4. Luminaria de accionamiento.
-

5. Mandril móvil.
6. Mandril fijo.
7. Bancada
8. Carril longitudinal
9. Conjunto piñón- cadena.
10. Sistema de adquisición de datos

4. OPERACIÓN DEL BANCO

Antes de realizar cualquier acción en el tablero principal asegurarse que los sensores estén conectados a la tarjeta de adquisición de datos, y el sistema se encuentren encendidos.

1. Las probetas deben ser estandarizadas que permitan, que las mediciones de deformación angulares sean exactas.
2. La probeta se la coloca entre las mordazas. Se ajusta primero el mandril del lado del cabezal de medición, se alinea en el mandril opuesto y se aprieta.
3. Pre calibra el sistema de torsión (mediante el tablero)
4. En el variador de frecuencia se realiza los siguientes pasos:
 - Inicio de la puesta en servicio rápida.- se inicia poniendo P0010=1 y se finaliza con P3900≠0 después de finalizar la puesta en marcha en servicio rápida el parámetros P0010 se pone automáticamente a 0 (requisitos indispensables para poder accionar el motor)
 - Europa / Norteamérica.

Para ajustes 0 y 1 use interruptor DIP 2 para ajustes 2 use P0100.

0 = kw/50Hz

1 = hp/ 60Hz

2 = kw / 60Hz

- (P0304) Tensión nominal del motor (v) tomada de la placa de características.
- (P0305) Corriente nominal del motor (A) tomada de la placa de características.
- (P0307) Potencia nominal del motor (Kw) tomada de la placa de características. Si P0100 = 1 los valores deberán ser en HP.
- (P0310) Frecuencia nominal del motor (Hz) tomada de la placa de características.
- (P0311) Velocidad nominal del motor (rpm) tomada de la placa de características.
- (P0700) Selección de la fuente de ordenes: (on/off/inverso)

1= BOP

2= Bornes/ terminales

5= USS interface

- (P1000) Selección de la consigna de frecuencia

1 = BOP

2 = Consigna analógica

3 = Fixedfrequencies

5 = USS interface

- (P1080) Frecuencia mínima del motor.- ajuste del mínimo de la frecuencia del motor (0 – 650Hz) a partir de la cual girara el motor con diferencias de la consigna de frecuencia ajustada. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro horario (a la derechas) como anti horario (a izquierda)
- (P1082) Frecuencia máxima del motor.- ajuste máximo de la frecuencia del motor (0 – 650Hz) a partir de la cual girara el motor con indiferencia de la consigna de frecuencia ajustada. El valor aquí ajustado es válido tanto para giro horario como anti horario.
- (P1120) Tiempo de aceleración.- tiempo que lleva al motor acelerar de la frecuencia máx. del motor a la parada.
- (P1121) Tiempo de deceleración.- tiempo que lleva al motor decelerar de la frecuencia máx. del motor a la parada.
- (P3900) Finalizar la puesta en servicio.-

0 = Sin respuesta en servicio rápida sin cálculo del motor ni reajuste de fábrica.

1 = Fin puesta en servicio rápida con cálculo del motor y reajuste de fábrica (recomendada)

2 = Fin de puesta en servicio rápida con cálculo del motor y reajuste de E/S

3 = Fin puesta de servicio rápida con cálculo del motor pero sin reajuste de fábrica.

- Para iniciar la prueba pulsar el botón INICIAR del panel frontal de la PC.
 - Asegurase que la placa de control este prendida.(LED encendido)
-

5. PRECAUCIONES DE SEGURIDAD.

Antes de operar el banco

- No instale el equipo usted mismo, hágalo con un técnico.
- La instalación incorrecta de la unidad puede causar daños al mismo y a la persona que lo está operando.
- Asegúrese que el lugar donde va a ser operado el banco, posea una alimentación eléctrica de 220 voltios con su respectiva puesta a tierra, esto evitara riesgos eléctricos.
- Luego de leer estas precauciones asegúrese de conservarlas en un lugar seguro para futuras referencias.

6. MANTENIMIENTO

- Antes de limpiar el banco, asegure de desenergizarlo.
- Utilice la grasa apropiada para engrasar el rodamiento de los mandriles y de la cadena.
- Dejar la maquina tapando y en un lugar donde no vaya a ser dañada.

7. CONEXIONES

220V, ~ 60Hz

8. VOLUMEN DE SUMINISTRO

1 aparato de ensayo de torsión

3 varas de ensayo

9. MATERIALES A EMPLEARSE.

En la actualidad en que el factor económico juega un rol de importancia en el campo de las construcciones en general se impone un perfecto conocimiento de los materiales a utilizar, en la manera de seleccionarlos para cada fin y poder hacerlos trabajar en

limitede sus posibilidades, cumpliendo con las exigencias de menor peso, mayor calidad y mayor rendimiento.

Los materiales ha emplearse en los ensayos son los FERROSOS, es decir materiales que contienen principalmente aleaciones de hierro y carbono con pequeñas cantidades de azufre, fósforo, silicio, manganeso, cromo y otras. Dentro de este grupo tenemos: Hierro Dúctil (Nodular), Acero de construcción (Varilla corrugada), Acero de transmisión y Acero de Maquinaria.



ANTEPROYECTO.

