

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i3.2052>

Análisis estructural, construcción y automatización de un equipo metalográfico para la obtención de muestras empleadas en el laboratorio de resistencia de materiales

Structural analysis, construction and automation of a metallographic equipment to obtain samples used in the materials resistance laboratory

Monserath Acosta

emacosta@institutos.gob.ec

<https://orcid.org/0009-0008-3752-1738>

Instituto Superior Tecnológico Martha Bucaram de Roldós

Lago Agrio – Ecuador

Christian Carvajal

christiancarvajal@puceamazonas.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0009-3830-8856>

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Amazonas

Lago Agrio – Ecuador

Miguel Carvajal

macarvajal@espe.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6961-9643>

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga

Latacunga – Ecuador

Artículo recibido: 26 de abril de 2024. Aceptado para publicación: 13 de mayo de 2024.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

La metalografía analiza la microestructura de metales y aleaciones en relación con sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Este trabajo muestra el desarrollo de un proceso automatizado para preparar muestras metalográficas, abarcando corte, lijado y pulido, que facilita la observación microscópica inmediata. Se controló parámetros como corte, lubricación y velocidad de pulido, que optimizaron tiempos y condiciones para aplicaciones académicas e investigativas. Se utilizó una metodología científica con dispositivos de automatización como finales de carrera, arduino y display. En los resultados se observó una reducción de tiempos en corte (de 3 a 2,8 minutos), lijado (de 8 a 6,5 minutos) y pulido (de 3 a 0,8 minutos). El análisis de diseño indicó que los esfuerzos cumplen con los criterios establecidos. La comparación entre el proceso manual y automático mostró un ahorro del 62,6% en tiempo, con una confiabilidad del 91% y una tasa de error del 9% en 11 probetas, según norma DIN 4768 para Acero al Carbono AISI 1018.

Palabras clave: metalografía, corte, lijado, pulido, probeta

Abstract

Metallography analyzes the microstructure of metals and alloys in relation to their physical, chemical and mechanical properties. This work shows the development of an automated process to prepare metallographic samples, encompassing cutting, sanding and polishing, which facilitates immediate microscopic observation. Parameters such as cutting, lubrication and polishing speed were controlled, which optimized times and conditions for academic and research applications. A scientific

methodology was used with automation devices such as limit switches, Arduino and display. The results showed a reduction in cutting times (from 3 to 2,8 minutes), sanding (from 8 to 6,5 minutes) and polishing (from 3 to 0,8 minutes). The design analysis indicated that the efforts meet the established criteria. The comparison between the manual and automatic process showed a saving of 62,6% in time, with a reliability of 91% and an error rate of 9% in 11 specimens, according to DIN 4768 standard for AISI 1018 Carbon Steel.

Keywords: agrogenic brown, biomass, yield, fertilizer

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Cómo citar: Acosta, M., Carvajal, C., & Carvajal, M. (2024). Análisis estructural, construcción y automatización de un equipo metalográfico para la obtención de muestras empleadas en el laboratorio de resistencia de materiales. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (3), 480 – 490. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i3.2052>

INTRODUCCIÓN

La metalografía es una ciencia que estudia la estructura interna de los metales y sus aleaciones de acuerdo a sus propiedades. Para establecer su composición es necesario realizar diferentes estudios de sus propiedades físicas por lo cual se realizan ensayos mecánicos, térmicos, diagramas de equilibrio, etc. Con los resultados de los estudios se relacionan materiales y permite llegar a conclusiones en el campo de investigación para el control de procesos metalúrgicos y verificación de la calidad de las muestras (Kehl, 2014).

El laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga realiza el proceso de ensayos metalográficos de forma manual obteniendo acabados superficiales defectuosos; debido a que no cuenta con un equipo adecuado (automático) para obtener muestras óptimas. Lo antes descrito impide obtener probetas de calidad al momento de ejecutar los ensayos mediante el corte, lijado y pulido.

El acabado superficial inadecuado de una muestra, para la valoración de las propiedades de un metal mediante técnicas metalúrgicas, da como resultado una apreciación equivocada de las mismas, debido a una gran variedad de inconvenientes.

La importancia de este proyecto radica que en la actualidad el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga no cuenta con un equipo automatizado en la preparación de probetas óptimas, lo que ocasiona que los estudiantes no logren culminar la práctica en el tiempo asignado, debido a que todo el proceso de corte, lijado y pulido para la obtención de la muestra es de forma manual.

La investigación está enfocada en la obtención de muestras óptimas para el análisis metalográfico realizado en prácticas, mediante la aplicación de técnicas de automatización, utilizando dispositivos y equipos que están destinados al control, selección y el respectivo manejo y coordinación de las operaciones.

La preparación de la probeta consiste, de manera general, en obtener una superficie plana y semipulida, mediante el empleo de papeles de esmeril de finura de grano creciente o realizando este desbaste con discos adecuados sobre los que se deposita un abrasivo, terminando con un pulido fino y final sobre discos provistos de paños. El final de la operación es la obtención de una superficie especular que es la requerida para, después, efectuar el ataque y observar adecuadamente la estructura (Garavito, 2011).

La superficie de las piezas depende mucho del funcionamiento de la máquina y su duración ya que para ser vendidas deben tener un aspecto muy atractivo (Poveda Martínez, 2011).

Es necesario establecer fabricación y requerimientos sobre las superficies de las probetas ya que con ello se tendrá grandes beneficios para poder estar a nivel competitivo en el ámbito empresarial (Díez, 2015).

En cuanto al sistema de refrigeración se encarga de enviar una capa de aceite directamente a las piezas que producen fricción para evitar daños a las muestras (Santillan Saldivar, 2013) y la lubricación se puede realizar por goteo, cadena, inmersión, salpicadura (Nuñez, 2014).

Las variables a medir son los tiempos en minutos de las etapas de corte, pulido y lijado con el equipo automatizado para la obtención de muestras. Por lo tanto, se propone reducir los tiempos en los procesos manuales en las etapas de corte, lijado y pulido para la obtención de muestras para los análisis metalográficos en las prácticas de Resistencia de Materiales.

METODOLOGÍA

Para el presente trabajo el enfoque de la metodología es principalmente mixto, ya que combina elementos cuantitativos y cualitativos en distintas etapas del proyecto. Se utilizan herramientas cuantitativas para el análisis estructural y cualitativo para la investigación de materiales y las fases de la práctica.

La investigación es de tipo aplicativo y exploratorio. Es aplicativo porque busca aplicar los conocimientos teóricos en la construcción de un equipo funcional y explicativo para entender por qué ciertas decisiones de diseño y material fueron tomadas.

El diseño de la investigación es principalmente experimental, especialmente en las etapas de análisis estático, construcción de piezas, ensamblaje del equipo y programación para el control de funcionamiento. También se emplea un enfoque observacional en la investigación de las fases de la práctica para la obtención de probetas y en la exploración de opciones de materiales.

La población de estudio incluye ingenieros especializados en Resistencia de Materiales, expertos en diseño.

Entre las técnicas de recolección de datos se emplea una técnica cuantitativa con el análisis de datos estructurados obtenidos mediante análisis estructural y pruebas de funcionamiento del equipo metalográfico.

Para el procesamiento de datos cuantitativos, se utiliza software de análisis estructural y programas de simulación para evaluar el comportamiento de las piezas.

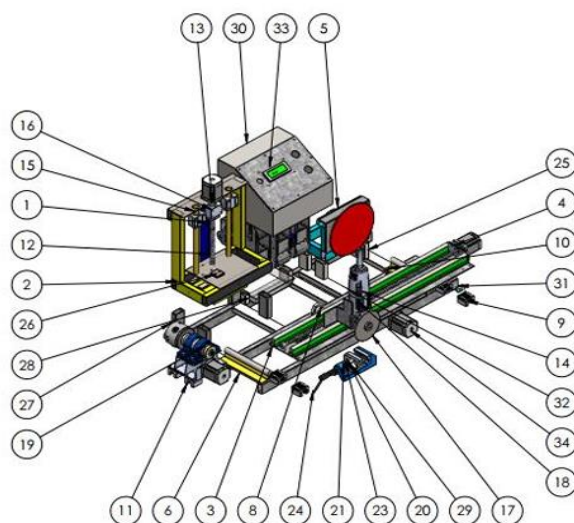
RESULTADOS

Diseño

El equipo está constituido por tres etapas fundamentales en el proceso de obtención de muestras metalográficas que son la etapa de corte, etapa de lijado y la etapa de pulido.

Figura 1

Diseño CAD completo del equipo



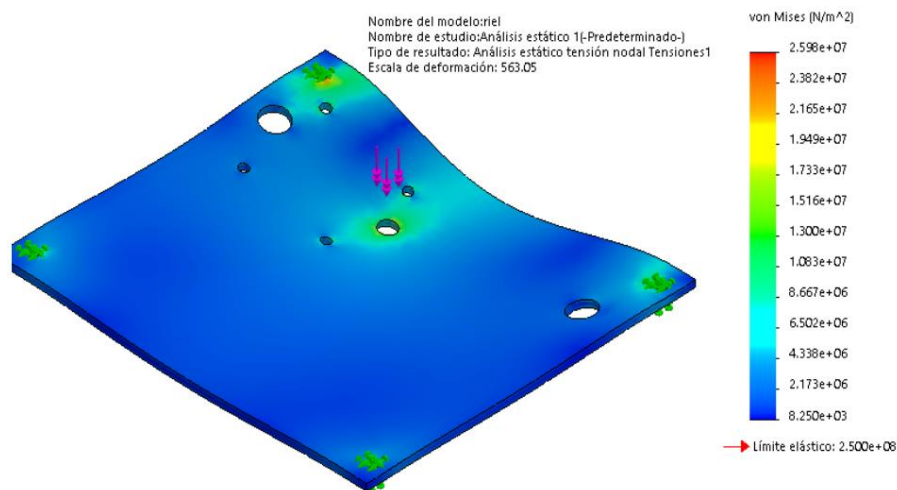
En la figura 1, se observa el diseño completo del equipo que tiene sus componentes en el orden de numeración de la siguiente manera: ensamble lija, corte, perfil_1000 mm, carro longitudinal, pulido de probetas, barra del perfil, tornillo eje, RM1605, barra del perfil buje, -73-10611, mordaza giratoria, barras de soporte, sujeción tornillo de bolas, plataforma, guía tornillo sin fin, RM1605, disco de corte, tornillo, perfil_20cm, 02_Mordaza_movil,04_Tornillo_mordaza, 07_Tornillo_Cabeza_Ranura, dientes, 06_Tornillo_Barra,perfil_66mm,08_Placa_de_Sujeción,perfil_88,4mm,perfil_41,47mm, 01_Base_Principal, tablero_de_control, Acople Flexible2_4a16SLDPRT, amoladora, LCD 20X4, NEMA23 57BYGH627.

Análisis Estructural

En la etapa de corte y la etapa de lijado para determinar que el diseño sea seguro se comprobó mediante el criterio de esfuerzos que $\sigma_d \geq \sigma_{max}$ (Budynas , 2008).

Figura 2

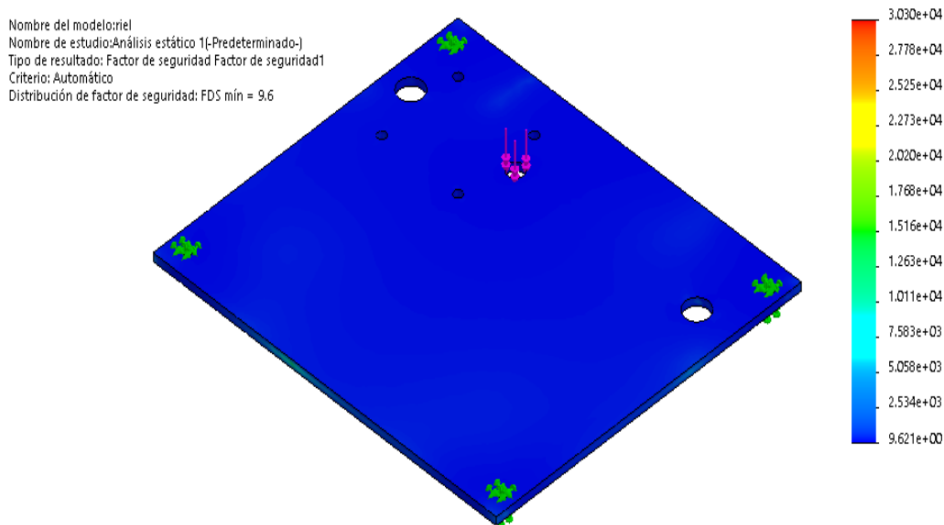
Análisis Estructural de platina para motores



En la figura 2, se observa el análisis de esfuerzos de la platina para motores con un valor de esfuerzo máximo (σ_{max}) de 25 MPa, mientras que el esfuerzo de diseño de acero estructural (σ_d) ASTM A36 es de 83,33 MPa cumpliendo con los parámetros de un diseño seguro.

Figura 3

Análisis de Factor de seguridad para platina de motores



En la figura 3, se observa un factor de seguridad igual a 9,6 lo cual indica que para cargas estáticas el factor de seguridad debe ser mayor a 2 y para material ASTM A36 su flexión es de 250 MPa (Mott, 2009). Por lo tanto el diseño es correcto cuando su factor de seguridad es mayor a 2.

Proceso similar de Análisis Estructural y Análisis de Factor de Seguridad se hizo con los demás componentes de la etapa de corte como son la plataforma para motor del disco de corte, la platina para motor paso a paso y rieles. Así mismo cumple los parámetros de seguridad en la etapa de lijado con la barra para lijas y la plancha de soporte para probetas.

Construcción

Tabla 1

Selección de materiales a usar en el equipo metalográfico

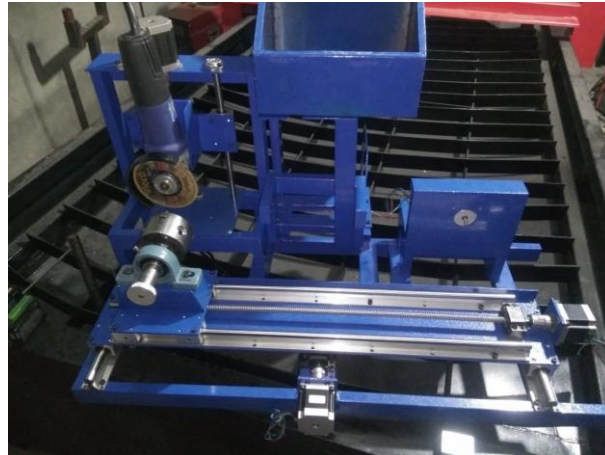
Material para la estructura								
Criterios a evaluar	Aut.	Cost.	Mtto.	Int.	Limpz.	Acc.	Fiab.	Total
Valores	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	10,5
Acero ASTM A36	1	1,5	1,4	1,5	1,2	1,4	1,2	9,2
Aluminio T6	1	1,5	1,3	1,4	1,2	1,5	1,1	9
Acero inoxidable	1	0,5	0,5	0,3	1,5	1,1	1,5	6,4

En la Tabla 1, se muestra que el acero ASTM A36 es el mejor material a utilizar de acuerdo a ponderaciones consideradas para la construcción de la estructura del equipo.

Como estrategia de selección de materiales se establece la técnica de criterios ponderados, los cuales se detallan como Automatización (Aut), Bajo Costo (Cost), Mantenimiento (Mtto), Intuitiva (Int), Fácil Limpieza (Limpz), Accesibilidad (Acc) y Fiabilidad (Fiab).

Figura 4

Montaje de elementos



Una vez seleccionado los materiales se realizó la construcción de acuerdo al diseño CAD

Se realizó el corte a perfiles, el encuadre a perfiles, el armado, pintado, corte de plasma, armado de la porta lijas, montaje en la estructura, pintado del portaliqas, inspección de fallas en la estructura, y montaje de elementos como se puede apreciar en la figura 4.

Automatización

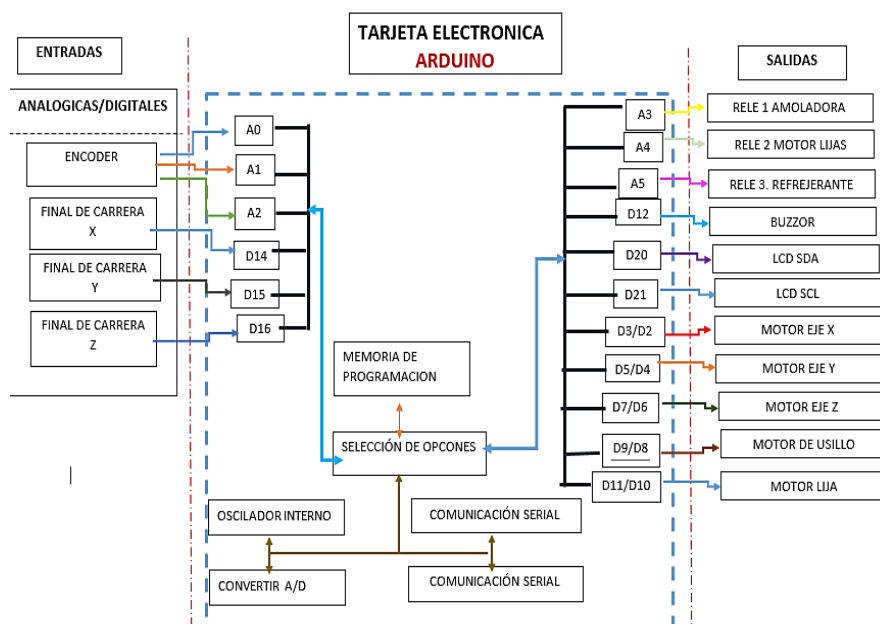
En la fase de automatización se toma en cuenta un Arduino Mega ya que cumple con todas las características necesarias para realizar todo el ciclo sincronizado para obtener muestras metalográficas.

Además el Arduino Mega es el microcontrolador más capaz de la familia Arduino, posee 54 pines digitales que funcionan como entrada/salida, puerto de alimentación. A través del Puerto Serie se produce la comunicación entre la computadora y el arduino y es una herramienta para controlar el mundo físico (García , 2015).

Importante a considerar el Driver TB6560 que es un controlador de motores paso a paso, usa un acoplamiento óptico 6N137 de alta velocidad para asegurar que esta no influya en pérdidas en el control de pasos (Torres, 2015).

Figura 5

Diagrama de conexión de Arduino Mega



En la figura 5 se observa la conexión entre los elementos que componen el proceso, así comienza con la verificación de los dispositivos conectados entre sí mediante un script que controla el funcionamiento de la máquina, después se instancia las variables de proceso que intervienen en el control en lazo abierto, estas señales son leídas por el arduino a través de sus puertos digitales permitiendo la selección de los parámetros del material y el tipo de proceso que se va a realizar, en este punto se emiten las señales hacia los actuadores que ponen en marcha el funcionamiento de la máquina y que a su vez permite el monitoreo del avance del proceso visualizado en un display.

Tiempos

Etapa de Corte

En esta etapa se obtiene tiempos de corte para ejes sólidos de Acero AISI 1018 en forma manual y automática para diferentes diámetros y tomando en cuenta las revoluciones, los valores están presentes en la Tabla 2 donde se muestran las variaciones de tiempos con respecto a los diferentes diámetros dando un ahorro de tiempo de 3,04 minutos en el equipo automático. Además, las revoluciones varían en función de los diámetros de las probetas, donde las rpm máximas es en el diámetro de 12mm.

Tabla 2

Parámetros de corte de un acero AISI 1018

Tiempo Automático (min)	Tiempo Manual (min)	Diámetro (mm)	n (rpm)
0,89	2,10	12	8,04
1,35	4,17	16	6,03
1,80	5,20	18	5,36
2,50	6,00	20	4,82
2,88	7,17	25	3,86

Etapa de lijado

En la tabla 3, el análisis de parámetros de lijado grano 220 AISI 1018 los valores de tiempo manual en esta etapa son grandes versus la automática llegando a la conclusión que existe un ahorro de tiempo de 11,32 minutos al realizar el desbaste grosero en los diámetros seleccionados, las revoluciones trabajan a la par con el equipo.

Tabla 3

Parámetros en la etapa de lijado grano 220 acero AISI 1018

Tiempo Automático (min)	Tiempo Manual (min)	Diámetro (mm)	n (rpm)
10,00	18,00	12	1,30
11,20	19,60	16	1,40
12,30	22,10	18	1,50
12,90	26,70	20	1,70
13,40	30,00	25	1,90

Etapa de pulido

En la tabla 4, se visualiza los parámetros con los que se realiza la última etapa para que la muestra tenga un acabado superficial tipo espejo en los dos materiales escogidos Acero al carbono AISI 1018 y Acero inoxidable AISI 308.

Tabla 4

Parámetros de pulido de los aceros AISI 1018 y AISI 308

Tiempo Automático (min)	Tiempo Manual (min)	Diámetro (mm)	n (rpm)
0,40	0,50	12	1,50
0,45	0,60	16	1,70
0,50	0,70	18	2,00
0,60	0,80	20	2,20
0,80	1,00	25	2,50

Proceso Total

En la tabla 5, se exponen las etapas del ciclo en un Acero al carbono AISI 1018 en un diámetro de 25mm.

Tabla 5

Valores del ciclo de obtención de probetas de Acero AISI 1018

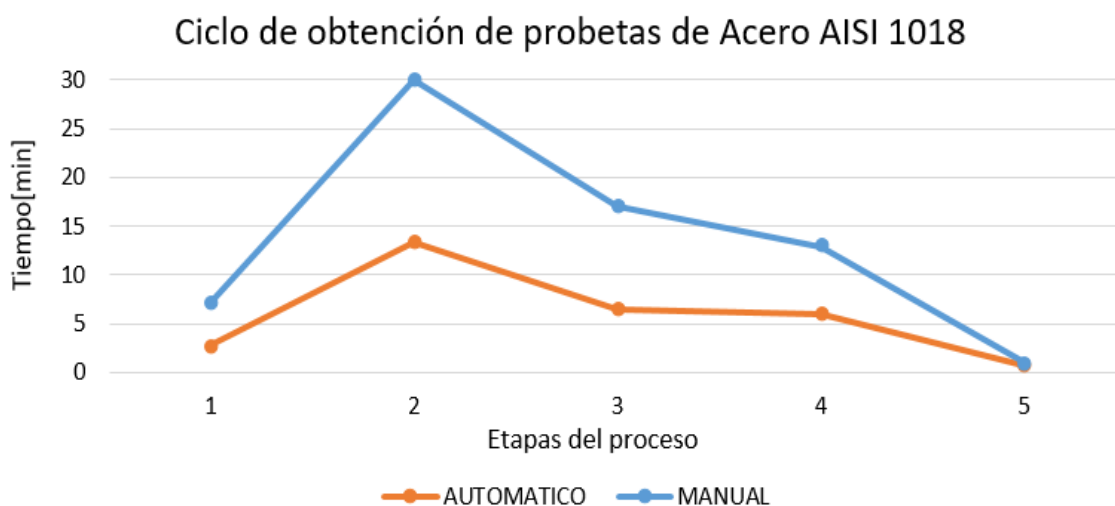
Proceso Total	Tiempo Automático (min)	Tiempo Manual (min)	n (rpm)
1 Corte	[0 - 2,8]	[0 - 7,16]	3,86
2 Desbaste Grosero	[2,8 - 13,4]	[7,16 - 30]	1,9
3 Desbaste Intermedio	[13,4 - 6,5]	[30 - 17]	1,75
4 Desbaste Fino	[6,5 - 6]	[17 - 12,9]	1,45
5 Pulido	[6 - 0,8]	[12,9 - 1]	2,5
Tiempo total	29,5	68,06	11,46
Ahorro de tiempo		38,56	
Porcentaje:		56,65%	

DISCUSIÓN

Una vez analizados los resultados, en el gráfico 1 se presentan dos líneas de tiempo: automática y manual divididas por etapas en la cual el equipo proporciona menor esfuerzo al trabajo y economiza un 56,65% con respecto a realizarlo manualmente y se obtiene un acabado superficial tipo espejo.

Gráfico 1

Análisis de etapas de ciclo total para un Acero AISI 1018



Al realizar todo el proceso para obtención de muestras con un diámetro de 25mm de eje sólido en Acero al carbono AISI 1018 se adquirió los tiempos en manual y en automático por lo cual se llegó a la conclusión que existe un ahorro de período 62,6% mediante el equipo. Con los valores seleccionados de tiempos automáticos y manuales en la etapa de lijado de grano 220 se llega a la conclusión que existe un ahorro en el ciclo de 11,32 minutos en un Acero AISI 1018.

CONCLUSIÓN

Al realizar el diseño de elementos mediante cargas estáticas y criterios de factor de seguridad en la parte más crítica que es la sujeción del motor para el disco de corte se establece que el factor de diseño calculado del Material ASTM A36 es de 3,9 y este es mayor a 2 por lo cual se cumple que el diseño está correctamente realizado. Se alcanzó una confiabilidad del 91%, con 9% de fallas en una muestra de 11 probetas en tiempos experimentales y automáticos basados en norma DIN 4768 para Acero al Carbono AISI 1018. Aplicando criterios de diseño mediante esfuerzos máximos en la platina de sujeción de motores del material ASTM A36 da como resultado que el esfuerzo de diseño es de 83,33Mpa y el esfuerzo máximo de 25,03Mpa lo cual cumple el criterio de diseño donde 83,33 debe ser mayor a 25,03.

REFERENCIAS

Budynas, R. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica Shyglyy. México: Mc Graw Hill.

Díez, D. (2015). Análisis de inclusiones en acero. Metalografía, normativa y procedimientos de análisis. Madrid: Aliendalde Auzunea.

Garavito, J. (2011). Metalografía Protocolo Curso de Materiales. Colombia: Olympus.

García, A. (23 de enero de 2015). PANAMAHITEK Ingeniero Electromecánico. Recuperado el 15 de enero de 2019, de <http://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/>

Kehl, G. (2014). Fundamentos de la Práctica Metalográfica. México: (Peter Jackson Editorial).


Mott, R. (2009). Resistencia de Materiales. México: Pearson Education.

Núñez, O. (17 de junio de 2014). Slideshare. Recuperado el 18 de febrero de 2019, de Slideshare: <https://es.slideshare.net/dani24ime/sistema-de-lubricacion-13358367>

Poveda Martínez, S. (2011). Acabados Superficiales. España: Visual Graphics Group.

Santillán Saldívar, S. (21 de abril de 2013). Slideshare. Recuperado el 25 de junio de 2019, de Sistema de lubricación: <https://es.slideshare.net/VictorHernandez86/sistemas-de-lubricacion>

Torres, F. (25 de marzo de 2015). Ingeniería y Diseño Electrónico. Recuperado el 16 de febrero de 2019, de <http://bit.ly/2Hx7WrD>

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .