



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MORELIA

“José María Morelos y Pavón”

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN
MAESTRÍA EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TESIS

“UN TÍTULO DE LA TESIS NO MUY COMPLICADO
Y LARGO PERO CAPAZ DE DEFINIR
CONCRETAMENTE”

Caso de Estudio a Nivel Maestría

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PRESENTA:

GERARDO MARX CHÁVEZ-CAMPOS

DIRECTOR: HOMER SIMPSON

CODIRECTOR: JAMES CLERK MAXWELL

REVISOR: PIERE SIMON LAPLACE

REVISOR: JEAN-BAPTISTE JOSEPH FOURIER

MORELIA, MICHOACÁN, MÉXICO – SEPTIEMBRE 2018 – REV 1.0

Gerardo Marx Chávez-Campos: *Un Título de la Tesis no Muy Complicado y Largo Pero Capaz de Definir Concretamente*, Caso de Estudio a Nivel Maestría, © Septiembre 2018

MESA DE REVISIÓN:

Homer Simpson

James Clerk Maxwell

Piere Simon Laplace

Jean-Baptiste Joseph Fourier

LOCALIDAD:

Morelia, Michoacán, México

IMPRESA:

Septiembre 2018

Ohana significa familia.
Y tu familia nunca te abandona ni te olvida.

— Lilo & Stitch —

– Dedicado en memoria de George Simon Ohm –
1789–1854

PRÓLOGO

Los documentos de tesis son un legado escrito que prevalece por los años. Este documento, dependiendo de la institución que lo emite, puede variar en la forma que se presenta. En ese mismo sentido, la estructura ha sido definida en los lineamientos emitidos por la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST). Sin embargo, la falta de actualización, la complejidad de manejar documentos de gran capacidad por procesadores como Microsoft Word y una mayor uniformidad de tesis en la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI). Han propiciado que el Comité Institucional de Posgrado e Investigación emitan esta primera versión de un manual/formato para la estructura de documentos como tesis, tesinas o disertación.

En esta guía/formato se presentan e identifican los elementos y tipografía basados en el ISO-7144 y la DGEST, así como su implementación en lenguaje \LaTeX , éste a su vez funciona como una guía para que el autor pueda redactar y estructurar adecuadamente las partes del documento.

La plantilla está configurada para ejecutarse con cualquiera de las distribuciones libres de \LaTeX como \MiKTeX o \TeXLive , además ha sido probada en **Overleaf**, **TeXPad** y muestra absoluta compatibilidad con **Mendeley** y **Plot.ly**; el código está ampliamente basado en la plantilla “**Classic Thesis Template**” del autor **Andre Miede**.

– Homer Simpson–

ABSTRACT

Add your abstract here ...

RESUMEN

Agregar resumen aquí ...

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----------|
| Prólogo | III |
| Abstract | IV |
| Resumen | v |
| 1. Protocolo | 1 |
| 1.1. Semblanza del problema | 1 |
| 1.2. Revisión del estado del arte | 2 |
| 1.3. Solución propuesta | 3 |
| 1.4. Objetivos | 3 |
| 1.4.1. Objetivo general | 3 |
| 1.4.2. Objetivos particulares | 3 |
| 1.5. Hipótesis | 3 |
| 1.6. Metodología | 3 |
| 2. Marco teórico | 5 |
| 2.1. Figuras y gráficas | 5 |
| A. Anexo o Apéndice | 7 |

CAPÍTULO 1

PROTOCOLO

1.1 Semblanza del problema

La metalurgia es un área primordial para el desarrollo de diversos sectores como el aeroespacial, automotriz, de construcción, entre otros. Por ejemplo, la industria aeroespacial ha aumentado sus ventas hacia varios billones de dólares debido al crecimiento que ha tenido durante los últimos años.

Los tratamientos térmicos son esenciales para crear componentes aeroespaciales de alta calidad, por lo que la industria ha puesto en marcha programas para mejorar el rendimiento de las aleaciones e identificar los procesos apropiados para aplicaciones aeroespaciales [1].

Existe una tendencia creciente en utilizar acero convencional en vehículos y en construcciones, ya que es un metal ligero y cumple con requerimientos estrictos con respecto al ahorro de combustible y de emisiones [2].

Los tratamientos térmicos son procesos que modifican las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales. Éstos están formados por un conjunto de operaciones que tienen como objetivo alcanzar distintas temperaturas en procesos de calentamiento y enfriamiento a diferentes velocidades [3].

Los tratamientos térmicos se efectúan para aumentar la resistencia y dureza, mejorar la ductilidad, mejorar la facilidad de trabajo, liberar esfuerzos, endurecer y modificar las propiedades eléctricas y magnéticas de los materiales. Se tratan térmicamente no sólo las piezas semiacabadas, sino también las piezas terminadas y las herramientas con el fin de proporcionarles las propiedades definitivas y exigidas [4]. Todos los procesos antes mencionados tienen como finalidad realizar cambios en la estructura de los materiales, lo que es conocido como transformaciones.

Cuando se tienen contenidos menores del 2% de carbono en el hierro se obtiene acero, el cual presenta una serie de transformaciones en función de la temperatura [4]. El acero es, por mucho, la aleación más ampliamente utilizada debido a su flexibilidad en los trabajos con metales y en los tratamientos térmicos para producir una gran variedad de propiedades [5].

El contenido de carbono influye en la temperatura a la que ocurren las transformaciones. El porcentaje de carbono también afecta la estructura reticular resultante al finalizar el tratamiento térmico. Por lo que varían también las propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas, etc. del material [4].

Es importante conocer el material para especificar el procedimiento del tratamiento térmico que producirá el efecto deseado. Por lo tanto, se deben identificar los parámetros del sistema para establecer las velocidades de calentamiento y enfriamiento.

Existen diversos procedimientos, métodos y sistemas para determinar estos parámetros. Sin embargo, con el objetivo de desarrollar tecnológicamente los estudios y optimización de los tratamientos térmicos, el posgrado en Electrónica y Metalurgia desarrollaron en conjunto un sistema para análisis y estudios térmicos.

El sistema que se muestra en la fig controla la temperatura de una probeta, con el cual se pueden estudiar los tratamientos térmicos a pequeña escala.

Los parámetros del sistema cambian en base al material, en este caso al contenido de carbono, para su funcionamiento óptimo es necesario que se determinen los parámetros.

Es necesario tener un modelo para predecir el comportamiento térmico de la probeta. Un modelo térmico-eléctrico es simple y efectivo para analizar procesos de transferencia de calor.

1.2 Revisión del estado del arte

Para la identificación de parámetros, en este caso específicamente parámetros térmicos, se han utilizado varios métodos.

Por ejemplo, en [6] se realiza la identificación de los parámetros térmicos por medio de una técnica basada en un algoritmo de optimización estocástico llamado evolución diferencial (Differential Evolution, DE), con la cual se determinan los coeficientes de transferencia de calor exactos para realizar un modelo térmico que simule el comportamiento térmico de un transformador. El objetivo del algoritmo es alcanzar la mejor concordancia posible entre los valores de temperatura medidos y los del modelo.

En [7] se establece un modelo térmico radial en ecuaciones de estado para calcular la variación de temperatura radial en un conductor, los parámetros son identificados utilizando el método de regresión lineal. Se implementa una plataforma para medir la temperatura radial del conductor y para verificar el modelo propuesto.

En [8] es posible estimar el estado y los parámetros desconocidos del sistema dado un sistema de ecuaciones diferenciales que describen el comportamiento dinámico de un motor de corriente directa. Se estima el estado y los parámetros de un sistema lineal usando la estimación de estados estocásticos.

En los artículos revisados se obtienen los parámetros que describen el comportamiento térmico de la pieza que se analiza. Sin embargo, no se reporta o se hacen pruebas con otras piezas de geometría similar pero con materiales diferentes, para determinar la influencia de la composición química en los parámetros.

1.3 Solución propuesta

Relacionar los parámetros por medio de un modelo térmico-eléctrico, a través de sus curvas de calentamiento. Inyectando corriente de distintas magnitudes a probetas diseñadas, hechas de acero al carbono pero con porcentajes de carbono diferente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar los parámetros de probetas metálicas en procesos de calentamiento óhmico a través de un modelo térmico-eléctrico, utilizando ajuste de curvas no lineales.

1.4.2 Objetivos particulares

- Obtener un modelo análogo térmico-eléctrico que describa el calentamiento de las probetas al inyectar un escalón de corriente.
- Determinar los parámetros térmicos de las probetas de forma analítica utilizando el modelo e ingresando la geometría de la probeta, propiedades del material y corriente eléctrica de la fuente.
- Realizar pruebas con las probetas de acero al carbono con porcentajes de carbón bajo, medio y alto. Existen tres probetas para cada concentración de carbono.
- Determinar los parámetros térmicos de las probetas por medio de un ajuste de curvas no lineales, el cual busca reducir la diferencia entre la temperatura medida en las pruebas y la calculada con el modelo.
- Hacer una clasificación del material de las probetas en función de los parámetros identificados.

1.5 Hipótesis

La hipótesis del trabajo se basa en la composición química particular en cada material, consecuentemente al obtener varias respuestas térmicas y modelos de impedancia térmica es posible crear una base de datos para clasificar y determinar composiciones químicas/mecánicas basadas en los datos térmicos obtenidos durante los experimentos de tratamiento térmico.

1.6 Metodología

En la [Tabla 1.1](#) se muestran las pruebas realizadas a las nueve probetas de acero al carbono, de las cuales tres probetas son de acero medio carbono, tres de ABC¹ y las tres restantes de AAC².

¹Acero de Bajo Carbono

²Acero de Alto Carbono

Tabla 1.1: PRUEBAS REALIZADAS.

| | 155A | 160A | 165A | 170A | 175A | 177A | 180A | 185A | 190A | 193A | 195A | 198A |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Probeta 1 ABC | X | X | X | X | X | | | | | | | |
| Probeta 2 acero de bajo carbono | | | X | X | X | | X | X | X | | | |
| Probeta 3 acero de bajo carbono | X | X | X | X | X | X | X | | | | | |
| Probeta 1 acero de medio carbono | | | | | | | X | X | X | | | |
| Probeta 2 acero de medio carbono | | | | | | | X | X | X | | | |
| Probeta 3 acero de medio carbono | | | | | X | | X | X | X | X | | |
| Probeta 1 acero de alto carbono | | | | X | X | | X | X | X | | X | |
| Probeta 2 acero de alto carbono | | | | | X | | X | X | X | | X | X |
| Probeta 3 acero de alto carbono | | | | | X | | X | X | X | | | |

CAPÍTULO 2

MARCO TEORÍCO

2.1 Figuras y gráficas

Agregar la cantidad de capítulos que se requieran. En la [Figura 2.1](#) se muestra la letra A.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

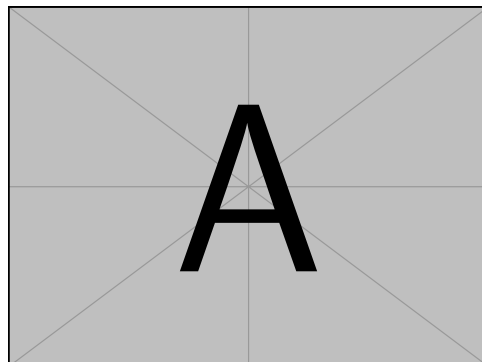
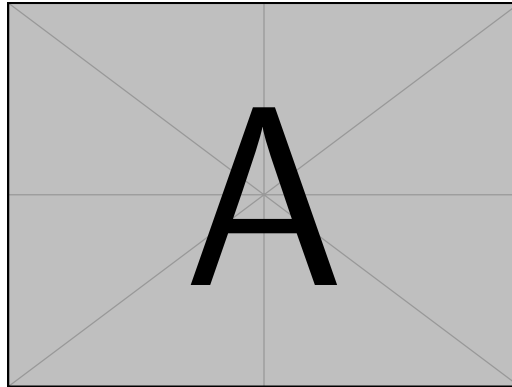


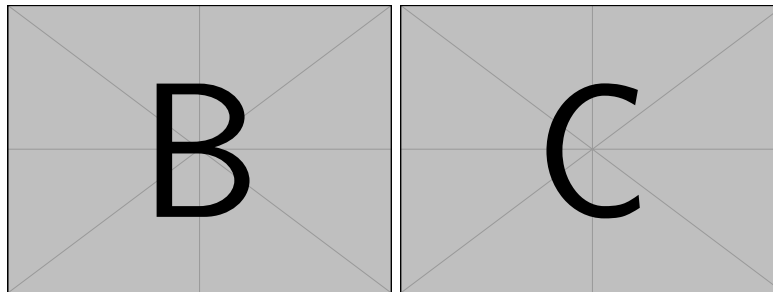
Figura 2.1: Ejemplo de como insertar figuras sencillas.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales

commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.



(a) Figure A



(b) Figure B

(c) Figure C

Figura 2.2: Using `subfigures` package.

Las cantidades usan comas y punto decimal correctamente para México. Es decir 1,526.00, aparece correctamente tanto como texto, como ecuación $1,526.00$, cuando se agrega el comando `decimalpoint` en la configuración; test.

APÉNDICE A

ANEXO O APÉNDICE

BIBLIOGRAFÍA

- [1] W. D. Brewer, R. Bird, and T. A. Wallace, “Titanium alloys and processing for high speed aircraft,” *Materials Science and Engineering: A*, vol. 243, no. 1, pp. 299 – 304, 1998. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921509397008186>
- [2] G. Cole and A. Sherman, “Light weight materials for automotive applications,” *Materials characterization*, vol. 35, no. 1, pp. 3–9, 1995.
- [3] P. Molera Solá, *Tratamientos térmicos de los metales*. Marcombo, 1991, vol. 51.
- [4] J. A. Perez Patiño, “Tratamientos térmicos de los aceros,” 1996.
- [5] J. L. Dossett and H. E. Boyer, *Practical heat treating*. Asm International, 2006.
- [6] A. Glotic, “Identification of Thermal Parameters for Transformer FEM model by Differential Evolution Optimization algorithm,” 2000.
- [7] K. Feng, Z. Ying, and X. Tong, “Radial thermal circuit model for overhead conductors based on parameter identification under natural convection condition,” *IEEE Power and Energy Society General Meeting*, vol. 2015-Septe, pp. 0–4, 2015.
- [8] S. R. Paz, “Application of the Kalman-Bucy Filter for system identification and optimal tracking trajectory for a DC Motor,” no. 6, pp. 1–5.

Colophon

This document was typeset using the `itmthesis` class developed by Gerardo Marx Chávez-Campos. The class was designed based on the `classicthesis` class developed by André Miede. The `itmthesis` is available for L^AT_EX in a Bitbucket repository:

<https://gmarxcc@bitbucket.org/itmthesis/the-itmorelia-thesis-class.git>,

or in a Git-Hub repository:

<https://github.com/gmarxcc/the-itmorelia-thesis-class>

Happy users of `itmthesis` class may send a real postcard, coffee mug, hoody or any kind of present to my university “Instituto Tecnológico de Morelia”, Tecnológico Avenue, Morelia city, Michoacan State, Mexico.

Colofón

Este documento fue generado usando el estilo desarrollado en la clase `itmthesis`, desarrollada por Gerardo Marx Chávez-Campos. Esta fue diseñada basada en el estilo `classicthesis` desarrollado por André Miede.

El estilo `itmthesis` y un ejemplo de su uso está disponible en repositorios para ser compilados en L^AT_EX en Bitbucket:

<https://gmarxcc@bitbucket.org/itmthesis/the-itmorelia-thesis-class.git>,

o en Git-Hub:

<https://github.com/gmarxcc/the-itmorelia-thesis-class>

Si eres un usuario agradecido con este diseño puedes mandar una postal, taza de café, sudadera de tu universidad o cualquier tipo de presente en forma de agradecimiento a la universidad de origen de tu servidor: “Instituto Tecnológico de Morelia”, Av. Tecnológico #1500, Col. Santiaguito, Morelia, Michoacán, México.

DECLARACIÓN

Yo, **Gerardo Marx Chávez-Campos**, con número de control **D01120294** declaro que el trabajo titulado: *Un Título de la Tesis no Muy Complicado y Largo Pero Capaz de Definir Concretamente, Caso de Estudio a Nivel Maestría*, es resultado de mi trabajo e investigación original. No se ha realizado una copia de otro trabajo o fuente excepto los respectivamente citados de forma explícita en el texto.

Morelia, Michoacán, México, Septiembre 2018

Gerardo Marx Chávez-Campos,
12 de enero de 2023