



# Instituto Politécnico Nacional

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN INGENIERÍA Y  
TECNOLOGÍAS AVANZADAS

*Trabajo Terminal II*

## “TÍTULO TRABAJO TERMINAL”

*Que para obtener el título de*  
“Ingeniero en Mecatrónica”

Presentan:

joni Karel iohannes Karl  
iohannes Karl iohannes Karl  
Jan Kaarle iohannes Karl  
Giovanni Karol iohannes Karl

Asesores:

Dr. Jean Karolis iohannes Karl  
Dr. Ivan Karurosu iohannes Karl  
Dr. Johannes Carolus iohannes Karl



Mes Año





# Instituto Politécnico Nacional

UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN INGENIERÍA Y  
TECNOLOGÍAS AVANZADAS

*Trabajo Terminal II*

## “TÍTULO TRABAJO TERMINAL”

*Que para obtener el título de*

### “Ingeniero en Mecatrónica”

Presentan:

---

joni Karel iohannes Karl

---

iohannes Karl iohannes Karl

---

Jan Kaarle iohannes Karl

---

Giovanni Karol iohannes Karl

Asesores:

---

Dr. Jean Karolis iohannes Karl

---

Dr. Ivan Karurosu iohannes Karl

---

Dr. Johannes Carolus iohannes Karl

**Presidente del Jurado**

**Profesor titular**

---

Dr. Juan Carlos iohannes Karl

---

Dr. John Charles iohannes Karl





# DEDICATORIA

dedico este trabajo a y aa ....

porque ...

bla bla bla bla

bla bla



# **AGRADECIMIENTOS**

Al CONACYT por la beca-crédito otorgada para la realización de mis estudios.

Así mismo agradezco a mis maestros, compañeros y a toda aquella persona que de alguna manera contribuyó al término de mis estudios de maestría.





---

## Contenido

---

<b>Resumen</b>	<b>xiii</b>
<b>Abstract</b>	<b>xv</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>xvii</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>xix</b>
<b>Nomenclatura</b>	<b>xxi</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
Definición del problema . . . . .	1
Justificación . . . . .	1
Objetivo . . . . .	1
Enfoque mecatrónico . . . . .	1
Antecedentes . . . . .	1
Capitulado . . . . .	1



<b>1. Marco de referencial</b>	<b>3</b>
1.1. Marco teórico . . . . .	3
1.1.1. Metodología mecatrónica . . . . .	3
1.1.2. . . . .	3
1.2. Marco procedimental . . . . .	3
1.2.1. . . . .	3
<b>2. Diseño del sistema</b>	<b>5</b>
2.1. Diseño Conceptual . . . . .	5
2.1.1. Necesidades - Requerimientos . . . . .	5
2.1.2. Arquitectura funcional (funciones) . . . . .	5
2.1.3. Arquitectura física (módulos) . . . . .	5
2.1.4. Propuestas de solución . . . . .	5
2.1.4.1. Módulos (M1 ... Mn) . . . . .	5
2.1.4.2. Integración (sistema) . . . . .	5
2.1.5. Validación . . . . .	5
2.1.6. Selección diseño conceptual . . . . .	5
2.2. Diseño Detallado . . . . .	6
2.2.1. Detalle módulo 1 (M1) . . . . .	6
2.2.1.1. Validación (M1) . . . . .	6
2.2.2. Detalle módulo 2 (M2) . . . . .	6
2.2.2.1. Validación (M2) . . . . .	6
2.2.3. Detalle módulo n (Mn) . . . . .	6
2.2.3.1. Validación (Mn) . . . . .	6
2.2.4. Integración sistema mecatrónico . . . . .	6
2.2.5. Validación sistema mecatrónico . . . . .	6
<b>3. Implementación del sistema</b>	<b>7</b>
3.1. Implementación módulo 1 (M1) . . . . .	7



3.1.0.1. Verificación (Ml) . . . . .	7
3.2. Implementación módulo 2 (M2) . . . . .	7
3.2.0.1. Verificación (M2) . . . . .	7
3.3. Implementación módulo 2 (Mn) . . . . .	8
3.3.0.1. Verificación (Mn) . . . . .	8
3.4. Implementación módulo 1 (Ml) . . . . .	8
3.4.0.1. Verificación (Ml) . . . . .	8
<b>4. Discusión / Análisis de resultados</b>	<b>9</b>
4.0.1. Análisis de ingeniería . . . . .	9
4.0.2. Análisis de costos . . . . .	9
4.0.3. Análisis de valor . . . . .	9
<b>Conclusiones</b>	<b>11</b>
Recomendaciones y trabajo futuro . . . . .	11
<b>Referencias</b>	<b>13</b>
<b>Apéndices</b>	<b>15</b>
<b>Apéndice 1</b>	<b>17</b>
<b>Der Zweite Anhang (Apéndice 2)</b>	<b>19</b>
<b>Der dritte Anhang (Apéndice 3)</b>	<b>21</b>
<b>Anexos</b>	<b>23</b>
<b>Anexo 1. Hoja de datos</b>	<b>25</b>
<b>Anexo 2. Hoja de datos</b>	<b>27</b>



<b>Anexo 3 (Anexo título 3)</b>	<b>29</b>
<b>Índice alfabético</b>	<b>32</b>

---

## Resumen

---

**Resumen:**

**Palabras Clave:** Robot, Bípedo, Humanoide, Marcha humana, Criterio de equilibrio, Punto de momento Cero, Actuadores, Sensores, Fuerza, Par torsor, Modelo matemático, Estructura, Diseño mecánico, Esfuerzos, Desplazamientos, Optimización, Simulaciones, Trayectoria, Cinemática directa e inversa, Análisis.



---

## Abstract

---

**Abstract:**

**Palabras Clave:** Robot, Bípedo, Humanoide, Marcha humana, Criterio de equilibrio, Punto de momento Cero, Actuadores, Sensores, Fuerza, Par torsor, Modelo matemático, Estructura, Diseño mecánico, Esfuerzos, Desplazamientos, Optimización, Simulaciones, Trayectoria, Cinemática directa e inversa, Análisis.





---

## Índice de figuras

---



---

## Índice de tablas

---



## ACRÓNIMOS

AHP	Proceso analítico jerárquico ( <i>del inglés Analytic Hierachy Process</i> )
FBS	Estructura Funcional de Desglose ( <i>por sus siglas en inglés Functional Breakdown Structure</i> )
IDEF-0	Definición de integración por modelado de funciones ( <i>por sus siglas en inglés Functional Breakdown Structure</i> )
NOM	Norma Oficial Mexicana
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SPA	Arquitectura Física del sistema ( <i>por sus siglas en inglés System Physical Architecture</i> )

## SÍMBOLOS

$\alpha$	The first letter of the greek alphabet
----------	----------------------------------------



$\beta$	The second letter of the greek alphabet
$\mathcal{F}$	Transformada de Fourier
$\mathcal{L}$	Transformada de Laplace
$\rho_2$	Relación de transmisión entre la catarina conducida y la catarina motriz
$\sigma$	The total mass of angels per unit area
$A$	The area of the needle point
$a$	The number of angels per unit area
$e$	Eficiencia de la transmisión
$f_b$	Factor del buje para colgante
$F_d$	Factor del diámetro del transportador
$F_{fo}$	Factor de sobrecarga
$F_f$	Factor de helicoidal
$F_m$	Factor de material
$F_p$	Factor de paletas
$K_f$	Factor de corrección por concentración de esfuerzos
$K_t$	factor de concentración de esfuerzos geométricos
$m$	The mass of one angel
$N$	The number of angels per needle point
$N_1$	Número de dientes de la catarina motriz
$N_2$	Número de dientes de la catarina conducida

**VARIABLES FÍSICAS**

$\omega$	Velocidad angular	rad/s
$\tau_c$	Esfuerzo cortante	MPa
$\tau_m$	Esfuerzo medio	MPa
$\tau_v$	Esfuerzo variable	MPa
$e$	Espesor de lámina	m
$F_c$	Fuerza de corte	N
$L$	Longitud del borde de corte	m
$M_t$	Momento de torsión del eje de trituración	Nm
$Mt_m$	Momento de torsión medio	Nm
$Mt_v$	Momento de torsión variable	Nm





---

## Introducción

---

Definición del problema

Justificación

Objetivo

Enfoque mecatrónico

Antecedentes

Capitulado



# CAPÍTULO 1

---

## Marco de referencial

---

### 1.1. Marco teórico

#### 1.1.1. Metodología mecatrónica

#### 1.1.2. ....

### 1.2. Marco procedimental

#### 1.2.1. ....



## CAPÍTULO 2

---

### Diseño del sistema

---

#### 2.1. Diseño Conceptual

2.1.1. Necesidades - Requerimientos

2.1.2. Arquitectura funcional (funciones)

2.1.3. Arquitectura física (módulos)

2.1.4. Propuestas de solución

2.1.4.1. Módulos (M1 ... Mn)

2.1.4.2. Integración (sistema)

2.1.5. Validación

2.1.6. Selección diseño conceptual



## 2.2. Diseño Detallado

### 2.2.1. Detalle módulo 1 (M1)

#### 2.2.1.1. Validación (M1)

### 2.2.2. Detalle módulo 2 (M2)

#### 2.2.2.1. Validación (M2)

### 2.2.3. Detalle módulo n (Mn)

#### 2.2.3.1. Validación (Mn)

### 2.2.4. Integración sistema mecatrónico

### 2.2.5. Validación sistema mecatrónico

## CAPÍTULO 3

---

### Implementación del sistema

---

#### 3.1. Implementación módulo 1 (M1)

##### 3.1.0.1. Verificación (M1)

#### 3.2. Implementación módulo 2 (M2)

##### 3.2.0.1. Verificación (M2)

.....



### 3.3. Implementación módulo 2 (Mn)

3.3.0.1. Verificación (Mn)

### 3.4. Implementación módulo 1 (MI)

3.4.0.1. Verificación (MI)



## CAPÍTULO 4

---

### Discusión / Análisis de resultados

---

4.0.1. Análisis de ingeniería

4.0.2. Análisis de costos

4.0.3. Análisis de valor



---

## Conclusiones

---

una conclusión

Recomendaciones y trabajo futuro



---

## Referencias

---

- [1] S. de Medio Ambiente y Recursos Naturales, “Diagnóstico básico para la gestión integral de los residuos,” tech. rep., Ciudad de Mexico, 2020.
- [2] M. K. Meghvansi and A. Varma, *Biology of Compost*. Springer, Cham, 2020.
- [3] J. M. Casco and R. M. Herrero, *Compostaje*, ch. El proceso del compostaje. Mundi Prensa Libros, 2008.
- [4] “Trituradora primaria.” <http://aimixtrituradora.com/trituradora-primaria/>. Accessed: 2021-03-06.
- [5] A. S. Hande and A. A. Deshpande, “Methodology for design and fabrication of portable organic waste chopping machine to obtain compost,” *IJIRST (International Journal for Innovative Research in Science & Technology)*, vol. 1, no. 07, p. 133, 2014.
- [6] D. Sztern and M. A. Pravia, *Manual para la elaboración de compost: bases conceptuales y procedimientos*. Organización Panamericana de la Salud (OPS), Montevideo, 1999.
- [7] D. A. F. Hernández, *Design methodology for mechatronic systems: A functional approach*. PhD thesis, Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo, 2018.



# Apéndices





---

## Apéndice 1

---

Incluyen información que ayuda a interpretar parte del contenido del libro, o aspectos más técnicos y menos esenciales del libro, como información complementaria.

Ab hier beginnt der **Anhang**.



---

## Der Zweite Anhang (Apéndice 2)

---

Incluyen información que ayuda a interpretar parte del contenido del libro, o aspectos más técnicos y menos esenciales del libro, como información complementaria.



---

## Der dritte Anhang (Apéndice 3)

---

Incluyen información que ayuda a interpretar parte del contenido del libro, o aspectos más técnicos y menos esenciales del libro, como información complementaria.



# Anexos





---

## Anexo 1. Hoja de datos

---

Una ficha técnica, hoja técnica u hoja de datos (datasheet en inglés), también ficha de características u hoja de características, es un documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente (por ejemplo, un componente electrónico) o subsistema (por ejemplo, una fuente de alimentación) con el suficiente detalle para ser utilizado por un ingeniero de diseño y diseñar el componente en un sistema.

Comienza típicamente con una página introductoria que describe el resto del documento, seguido por los listados de componentes específicos, con la información adicional sobre la conectividad de los dispositivos. En caso de que haya código fuente relevante a incluir, se une cerca del extremo del documento o se separa generalmente en otro archivo.

Las fichas técnicas no se limitan solo a componentes electrónicos, si no que también se dan en otros campos de la ciencia, como por ejemplo compuestos químicos o alimentos.



---

## Anexo 2. Hoja de datos

---

Una ficha técnica, hoja técnica u hoja de datos (datasheet en inglés), también ficha de características u hoja de características, es un documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente (por ejemplo, un componente electrónico) o subsistema (por ejemplo, una fuente de alimentación) con el suficiente detalle para ser utilizado por un ingeniero de diseño y diseñar el componente en un sistema.

Comienza típicamente con una página introductoria que describe el resto del documento, seguido por los listados de componentes específicos, con la información adicional sobre la conectividad de los dispositivos. En caso de que haya código fuente relevante a incluir, se une cerca del extremo del documento o se separa generalmente en otro archivo.

Las fichas técnicas no se limitan solo a componentes electrónicos, si no que también se dan en otros campos de la ciencia, como por ejemplo compuestos químicos o alimentos.

\bigskip



---

## Anexo 3 (Anexo título 3)

---

Una ficha técnica, hoja técnica u hoja de datos (datasheet en inglés), también ficha de características u hoja de características, es un documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente (por ejemplo, un componente electrónico) o subsistema (por ejemplo, una fuente de alimentación) con el suficiente detalle para ser utilizado por un ingeniero de diseño y diseñar el componente en un sistema.

Comienza típicamente con una página introductoria que describe el resto del documento, seguido por los listados de componentes específicos, con la información adicional sobre la conectividad de los dispositivos. En caso de que haya código fuente relevante a incluir, se une cerca del extremo del documento o se separa generalmente en otro archivo.

Las fichas técnicas no se limitan solo a componentes electrónicos, si no que también se dan en otros campos de la ciencia, como por ejemplo compuestos químicos o alimentos.

\bigskip



---

## Índice alfabético

---

ciencia, 29

conclusión, 11

