



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN TESIS DE GRADO

AUTOR(ES)

NOMBRE: (S): RAÚL DARIO APELLIDOS: BOLAÑOS ORTEGA

NOMBRE: (S): JESÚS ARTURO APELLIDOS: QUINTERO MOYA

NOMBRE: (S): FRANCISCO JAVIER APELLIDOS: SAMUDIO SALAZAR

FACULTAD: DE INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR

NOMBRE(S): FERNANDO APELLIDOS: FUENMAYOR

TITULO DE LA TESIS: MODELAMIENTO MATEMÁTICO Y CREACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE UN ROBOT ESTIBADOR EN LA PLANTA DE MEZCLAS SECAS DE INDUSTRIAS DEL MAÍZ

### RESUMEN

El proyecto trata el desarrollo del modelamiento matemático de un robot estibador, la creación del plan de mantenimiento apropiado, la sistematización de los planes de mantenimiento a través del programa utilizado en la compañía (SAP), el acompañamiento del proceso de compra e instalación del equipo a través de la participación del proyecto real ejecutado en la planta de mezclas secas de Industrias del Maíz en la ciudad de Cali y la realización de un prototipo virtual del robot que permite comprobar los cálculos realizados y validar el modelo ejecutado con el objetivo de solucionar problemas, optimizar y mejorar el funcionamiento.

**Palabras Claves:** modelamiento, matemático, creación, plan, mantenimiento, robot.

### CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS 158 PLANOS:      ILUSTRACIONES 52 CD-ROM 1

**MODELAMIENTO MATEMÁTICO Y CREACIÓN DEL PLAN DE  
MANTENIMIENTO DE UN ROBOT ESTIBADOR EN LA PLANTA DE MEZCLAS  
SECAS DE INDUSTRIAS DEL MAÍZ**

**RAUL DARIO BOLAÑOS ORTEGA  
JESÚS ARTURO QUINTERO MOYA  
FRANCISCO JAVIER SAMUDIO SALAZAR**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA ELECTRONICA  
SANTIAGO DE CALI  
2013**

**MODELAMIENTO MATEMÁTICO Y CREACIÓN DEL PLAN DE  
MANTENIMIENTO DE UN ROBOT ESTIBADOR EN LA PLANTA DE MEZCLAS  
SECAS DE INDUSTRIAS DEL MAÍZ**

**RAUL DARIO BOLAÑOS ORTEGA  
JESÚS ARTURO QUINTERO MOYA  
FRANCISCO JAVIER SAMUDIO SALAZAR**

**Trabajo de grado presentado como requisito  
para optar al título de Ingeniero Electrónico**

**Director  
FERNANDO FUENMAYOR  
Ingeniero Químico**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PLAN DE ESTUDIOS INGENIERIA ELECTRONICA  
SANTIAGO DE CALI  
2013**

**CONVENIO  
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA ANTONIO JOSÉ  
CAMACHO**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO 2-2013**



El jurado Académico del programa de Ingeniería Electrónica, conformado para la evaluación de la sustentación del proyecto de grado **MODELAMIENTO MATEMÁTICO Y CREACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO DE UN ROBOT ESTIBADOR EN LA PLANTA DE MEZCLAS SECAS DE INDUSTRIAS DEL MAIZ** presentado por los estudiantes:

Cédula	Nombre	Calificación en letras	Nota
94414099	<b>BOLAÑOS ORTEGA RAUL DARIO</b>	CUATRO PUNTO CUATRO	4.4
94369637	<b>SAMUDIO SALAZAR FRANCISCO JAVIER</b>	CUATRO PUNTO CUATRO	4.4
1144030382	<b>QUINTERO MOYA JESUS ARTURO</b>	CUATRO PUNTO CUATRO	4.4

Y dirigido por el Ingeniero **ING. FERNANDO FUENMAYOR**.  
Aprueban la sustentación como requisito para optar el título como Ingeniero Electrónico

Firmado en la ciudad de Cali a los 17 días del mes de Octubre de 2013

  
**ING. SERGIO BASILIO SEPULVEDA**  
JURADO 1  
  
**JORGE HÚMBERTO ERAZO AUX M.Eng**  
Director Programa Ingeniería Electrónica  
Institución Universitaria Antonio José Camacho

  
**ING. ALEXIS RAMIREZ**  
JURADO 2  
  
**ING. DINAEL GUEVARA IBARRA Ph.D**  
Director Plan estudio Ingeniería Electrónica  
Universidad Francisco de Paula Santander

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCION	16
1. ROBOT	20
1.1 PRINCIPIO TEORICO	20
1.1.1 Ventaja mecánica	20
1.1.2 Software / interfaz humana	21
1.1.3 Especificaciones	21
1.1.4 Nota del fabricante	21
1.2 COMPONENTES DEL ROBOT	23
1.2.1 Componentes mecánicos	23
1.2.2 Cuerpo del robot	23
1.2.3 Eje central de la base del robot	23
1.2.4 Caja con sistema mecánico	24
1.2.5 Estabilizador de la cabeza	24
1.2.6 Ante brazo	25
1.2.7 Brazo	26
1.2.8 Rotor de la cabeza	27
1.2.9 Componentes electrónicos y eléctricos	27
1.2.9.1 Servomotores del robot	27
1.2.9.2 Sistema de giro en la base del robot	28

1.2.9.3 Sistema electrónico de control y potencia	29
1.3 NORMAS Y ESTANDARES UTILIZADOS	30
1.3.1 La ISO 9002:2001	30
1.3.2 Normas publicadas	33
1.3.3 Normas vigentes	34
1.4 PUNTOS DE MANTENIMIENTO	35
1.4.1 Plan de mantenimiento	36
1.4.2 Mantenimiento predictivo	36
1.4.3 Mantenimiento preventivo	37
1.4.4 Conceptos de mantenimiento	37
1.4.5 Pasos para la creación del plan de mantenimiento	38
1.4.6 Clasificación de los equipos para planes de mantenimiento	38
2. REGISTROS DEL PROYECTO	44
2.1 FASES	44
2.1.1 Fase de estudio de las instalaciones actuales	44
2.1.2 Fases de adecuación de las instalaciones	45
2.1.3 Fase de instalación de los equipos	45
2.1.4 Fase de pruebas	46
2.1.5 Fase de entrega y puesta en línea	46
2.2 SEGUIMIENTO	47
2.2.1 Reuniones de seguimiento	48
2.3 CONTROL Y SEGUIMIENTO	48

2.4 PROCEDIMIENTO PARA LA SISTEMATIZACIÓN DE PROYECTOS Y MONTAJES INDUSTRIALES	49
3. MODELO MATEMATICO	55
3.1 PRINCIPIO TEÓRICO	55
3.1.1 Cinemática	55
3.1.2 Cinemática directa	55
3.1.3 Cinemática inversa	56
3.2 MÉTODO DE MODELAMIENTO	56
3.2.1 Algoritmo de Denavit-Hartenberg	56
3.2.2 Parámetros DH para un eslabón giratorio	59
3.2.3 Matriz de transformación homogénea (T)	63
3.2.4 Resolución del problema cinemático inverso a partir de la matriz de transformación homogénea	65
3.2.5 Resolución del problema cinemático inverso por métodos geométricos	66
3.2.6 Software	67
3.2.7 Descripción de funciones de la toolbox de robótica de matlab	67
3.3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ROBOT MODELO POR MEDIO DE MATLAB	70
3.4 PRUEBAS	73
3.5 PERSPECTIVAS FUTURAS	73
4. MODELO DEL ROBOT	74
4.1 SOLIDWORKS	74
4.2 PARTES DEL ROBOT	74

4.2.1 Base del robot	74
4.2.2 Cuerpo del robot	75
4.2.3 Antebrazo del robot	75
4.2.4 Brazo del robot	75
4.2.5 Cabeza móvil	76
4.2.6 Sistema de sujeción del robot	76
4.3 ENSAMBLE DE LAS PARTES	77
5. VINCULACION DE SOLIDWORKS EN MATLAB	78
5.1 MATLAB	78
5.2 PRINCIPIO TEÓRICO	78
5.3 NECESIDADES PARA LA VINCULACION	78
6. RESULTADOS	81
7. CONCLUSIONES	83
8. RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	87