



Instituto Tecnológico De Tuxtla Gutiérrez

## Mesa de entrenamiento de robótica industrial



**31 DE MAYO DEL 2013**

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

## INDICE

Mesa de entrenamiento de robótica industrial .....	1
<b>Introducción.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Justificación.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Objetivos.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.1 Objetivo general .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Caracterización del área en que participó .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.1 Antecedentes de la empresa .....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.2 Misión.....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.3 Visión.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4 Problemas a resolver.....</b>	<b>11</b>
<b>2.5 Alcances y Limitaciones .....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>14</b>
<b>Fundamentos del diseño.....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Concepto de diseño .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Procesos del diseño mecánico.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Ergonomía del diseño .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.1 Consideraciones ergonómicas sobre el diseño de máquinas.....</b>	<b>18</b>
<b>3.4 Elementos de sujeción.....</b>	<b>19</b>
<b>3.4.1 Tornillos.....</b>	<b>19</b>
<b>3.4.2 Sujetadores roscados.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4.3 Tipos de sujetadores roscados.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4.4.- Análisis de carga de pernos y tuercas.....</b>	<b>24</b>
<b>3.4.5 Rigidez del perno.....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.6 rigidez de la junta.....</b>	<b>28</b>

3.4.7 resistencia.....	30
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	31
<b>Descripción de las actividades realizadas</b> .....	31
<b>Estado del arte</b> .....	31
<b>4.1 materiales de construcción</b> .....	34
<b>4.2 Polimetilmetacrilato</b> .....	34
<b>4.2.3 Propiedades físicas</b> .....	35
<b>4.2.4 propiedades mecánicas</b> .....	36
<b>4.2.5 Peso del acrílico</b> .....	37
<b>4.3 Cálculos de diseño</b> .....	37
<b>4.4 Selección de perno</b> .....	38
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	40
<b>Fundamento teórico Programación</b> .....	40
<b>5.1 Métodos de programación</b> .....	41
<b>5.1.1 Programación por Guiado</b> .....	42
<b>5.1.1.1 Guiado Pasivo</b> .....	42
<b>5.1.1.2 Guiado activo</b> .....	43
<b>5.1.2 Programación textual</b> .....	44
<b>5.1.2.1 Nivel Robot</b> .....	45
<b>5.1.2.2 Nivel Objeto</b> .....	46
<b>5.1.2.3 Nivel Tarea</b> .....	46
<b>5.2 Requerimientos de un sistema de programación de robots</b> .....	46
<b>5.2.1 Entorno de Programación</b> .....	47
<b>5.2.2 Modelado del Entorno</b> .....	47
<b>5.2.3 Tipos de Datos</b> .....	47
<b>5.2.4 Manejo de Entradas-Salidas</b> .....	48
<b>5.2.5 Control del Movimiento del Robot</b> .....	49

5.2.6 Control del flujo de ejecución del programa.....	50
5.3 Criterios de implantación de un robot industrial .....	50
5.3.1 Diseño y Control de una Célula Robotizada .....	50
5.3.2 Disposición del robot en la célula de trabajo .....	51
5.4 Características a considerar en la selección de un robot .....	53
5.4.1 Área de Trabajo.....	54
5.4.2 Grados de Libertad .....	54
5.4.3 Precisión, repetitividad y resolución .....	55
5.4.4 Velocidad.....	56
5.4.5 Capacidad de Carga .....	56
5.4.6 Sistema de Control .....	57
5.4.7 Seguridad en instalaciones robotizadas.....	58
5.4.8 Causas de Accidentes .....	58
5.5 Medidas de Seguridad.....	59
5.5.1 Medidas de seguridad a tomar en la fase de diseño de la célula robotizada .....	60
5.5.2 Medidas de seguridad a tomar en la fase de instalación y explotación del sistema .....	60
5.6 Normativa legal .....	61
<b>CAPÍTULO 6 .....</b>	<b>63</b>
<b>6.1 Brazo Robot industrial Mitsubishi RV-2AJ.....</b>	<b>63</b>
<b>6.2 Mesa de entrenamiento para brazo robot .....</b>	<b>64</b>
<b>6.3 Programación y Simulación del Brazo Robot industrial Mitsubishi RV-2AJ .....</b>	<b>65</b>
6.3.1 Lenguaje de programación.....	66
<b>6.4 Interfaz del Brazo Robot industrial Mitsubishi RV-2AJ y la mesa de entrenamiento.....</b>	<b>67</b>
6.4.1 Comunicación en serie y paralelo.....	68
6.4.2 Comunicación en serie .....	68
6.4.3 Comunicación en paralelo .....	69

<b>6.5 Creación de la interfaz mediante COSIROP .....</b>	<b>70</b>
<b>6.6 Sensores .....</b>	<b>70</b>
<b>6.6.1 Sensor inductivo .....</b>	<b>70</b>
<b>6.6.2 Sensor fotoeléctrico .....</b>	<b>70</b>
<b>6.7 Censado de piezas .....</b>	<b>71</b>
<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>73</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>73</b>
<b>7.1 Conclusiones .....</b>	<b>73</b>
<b>7.2 Recomendaciones .....</b>	<b>73</b>
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>74</b>
<b>Resultados del diseño del prototipo .....</b>	<b>74</b>
<b>Depósitos de objetos después del censado .....</b>	<b>74</b>
<b>Contenedor de piezas .....</b>	<b>75</b>
<b>Censado de piezas .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>76</b>
<b>Planos Técnicos del prototipo propuesto .....</b>	<b>76</b>
<b>Plano 1 .....</b>	<b>76</b>
<b>Plano 2 .....</b>	<b>77</b>
<b>Plano 3 .....</b>	<b>78</b>
<b>Plano 4 .....</b>	<b>79</b>
<b>Plano 5 .....</b>	<b>80</b>
<b>Plano 6 .....</b>	<b>81</b>
<b>Referencias bibliográficas y virtuales .....</b>	<b>82</b>

## Lista de figuras

1	Figura 2.1 Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Carretera Panamericana Km. 1080 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México C. P. 29000, Apartado Postal 599.....	10
2	Fig. 3.1 Procesos del diseño mecánico .....	15
3	Fig. 3.2 Consideraciones ergonómicas sobre el diseño de equipos.....	18
4	Figura (3.3).- Parámetros que se emplean para definir la terminología de un perfil roscado.....	19
5	Figura (3.4).- Tornillos de rosca a) simple, b) doble, c) triple.....	21
6	Figura (3.5).- Perfiles de rosca. a) Acme; b) UN. ....	21
7	Figura (3.6).- Detalles de los perfiles de rosca M y UN. ....	22
8	Figura (3.7).- Tres tipos de sujetadores roscados. (a) Perno y tuerca; (b) Tornillo de cabeza; (c) Birlo. ....	24
9	Figura (3.8).- ensamble de perno y tuerca, simulado mediante un resorte de perno y junta.....	24
10	Figura (3.9) .....	25
11	Figura (3.10).- ensamble de perno y tuerca.....	27
12	Figura (3.11).- ensamble de perno y tuerca con representación del esfuerzo del tronco cónico de la junta .....	29
13	Fig. 4.1 Cálculos de diseño diagrama de cuerpo libre .....	37
14	Figura 6.1 Brazo robótico industrial Mitsubishi RV-2AJ.....	63
15	Figura 6.2 .....	65
16	Figura 6.3 .....	66
17	Figura 6.3 MELFA BASIC.....	67
18	Figura 6.4 Conexión en serie.....	69
19	Figura 6.5 Sensor Fotoeléctrico .....	71
20	Figura 6.6 Sensor inductivo.....	72
21	Figura 8.1 Prototipo mesa de entrenamiento para brazo robótico industrial .....	74
22	Figura 8.2 a) Depósito para objetos cilíndricos Depósito y para b) objetos con forma de cubos .....	74
23	Contenedor de piezas .....	75
24	Censado de piezas.....	75

## Lista de Tablas

1	Tabla 4.1 Propiedades mecánicas del Polimetilmetacrilato .....	36
2	Tabla 4.2 Peso del acrílico .....	37
3	Tabla 4.3 rosca basta.....	39
4	Tabla 4.4 selección de tuerca .....	39
5	Tabla 6.1 sensores .....	64
6	Tabla 6.2 contenedores.....	64

## CAPÍTULO 1

### Introducción

Durante milenios el hombre ha creado herramientas, que con un largo proceso de perfeccionamiento se han ido modificando hasta obtener herramientas más cómodas, y eficaces. En el trabajo artesanal, el hombre tenía como funciones la de motor, operario y controlador del sistema. Posteriormente ha creado máquinas herramientas que se encargan de realizar las duras tareas manuales.

En el trabajo mecánico, el hombre ha pasado a trabajar como operario y a controlar el sistema, dejando a las máquinas herramientas las funciones de motor. En la actualidad ha creado sistemas automáticos. En el trabajo automático, el hombre ha pasado a supervisar el sistema. El resto de tareas se realizan sin intervención humana.

El presente proyecto fue pensado con base a una aplicación real, que se da en el plano industrial muy útil por ejemplo para el desarrollo y crecimientos de empresas, ya que entre las muy variadas aplicaciones que tiene, están la automatización y optimización de distintos procesos, como por ejemplo ensamblajes y fabricación, logrando una alta eficiencia en los sistemas de calidad, obteniendo resultados favorables como una menor inversión de tiempo, por lo cual el operario encargado sólo debe estar pendiente del proceso. Así mismo, puede ser de gran utilidad en la capacitación de operarios y usuarios de robot industriales.

El robot industrial Mitsubishi RV-2AJ es un sistema versátil y fiable para la educación y entrenamiento. Este brazo robot: puede ser colocado en una mesa o base lineal la cual servirá para la realización de diversas tareas y procesos sistematizados para cumplir con un determinado objetivo.

El proyecto consiste en la elección e identificación de objetos colocados en una plataforma (mesa de entrenamiento), que al ser tomados, llegan a la posición de sensores los cuales se encargan de identificar la geometría y material de los mismos, una vez, identificadas sus características, el robot los llevará a sus respectiva ubicación: en la mesa de entrenamiento, establecidas en la programación mediante la creación de una interfaz entre el brazo y la mesa, es decir, las condiciones de entrada y salida para que el brazo robótico sea capaz de ordenar los objetos estableciendo una comunicación entre el los sensores y éste mismo.

El presente trabajo propone una estación automatizada para representar de manera didáctica el procesos que se realiza en la industria. Nace de la inquietud de conformar un SIM (Sistema integrado de manufactura) más completo que nos permita observar los procesos que se realizan en la industria.

Un robot industrial es básicamente un manipulador multifuncional reprogramable, lo cual permite su adaptación de manera rápida y económica a diferentes aplicaciones. La programación de un robot se puede definir como el proceso mediante el cual se le indica a éste la secuencia de acciones que deberá llevar a cabo durante la realización de su tarea. Estas acciones consisten generalmente en moverse a puntos predefinidos y manipular objetos del entorno.

Durante la ejecución de un programa se interacciona con la memoria del sistema, leyendo y actualizando el contenido de las variables utilizadas en el programa:

- Con el sistema de control cinemático y dinámico del robot, encargados de dar la señal de mando a los accionamientos del robot a partir de las especificaciones del movimiento que se les proporciona.
- Con las entradas-salidas del sistema, logrando la sincronización del robot con el resto de las máquinas y elementos componen su entorno.

Por lo tanto, el sistema de programación es la herramienta con la cual el usuario puede acceder a las diversas prestaciones del robot.

## **CAPÍTULO 2**

### **2.1 Justificación**

Los robots son utilizados para una diversidad de procesos industriales, en nuestro caso la directriz es la transportación e identificación de objetos por forma y material, mediante el desplazamiento lineal del brazo robótico. Esta es una aplicación muy útil para la optimización y automatización de procesos obteniendo grandes y favorables resultados como una mayor productividad, reducción de costos y mejora de calidad de la misma e incluso en operaciones imposibles de controlar manualmente por los operarios.

Así mismo, el presente proyecto servirá como herramienta para el entrenamiento del brazo robot, con el fin de mostrar las diferentes capacidades, habilidades y trabajos que es capaz de realizar poniendo en práctica los conocimientos y herramientas obtenidos a lo largo de la carrera y así representar de manera didáctica algunos de los procesos industriales.

### **2.2 Objetivos**

#### **2.2.1 Objetivo general**

En este primer proyecto se va a diseñar una mesa entrenamiento para el brazo robot industrial Mitsubishi RV-2AJ como herramienta didáctica para el mismo, trabajando conjuntamente con sensores para lograr las especificaciones requeridas mediante la programación y simulación del mismo.

#### **2.2.2 Objetivos específicos**

- Hacer uso de los conocimientos adquiridos durante la carrera, llevándolos a la práctica mediante este proyecto.
- Realizar una herramienta didáctica útil para el brazo robot

- Brindar una mejor visión a futuras generaciones de alumnos del instituto de la importancia de los sistemas automatizados y de lo que estos pueden llegar a realizar.

## 2.3 Caracterización del área en que participó

### 2.3.1 Antecedentes de la empresa

En la década de los 70's, se incorpora el estado de Chiapas al movimiento educativo nacional extensión educativa, por intervención del Gobierno del Estado de Chiapas ante la federación. Esta gestión dio origen a la creación del Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG) hoy Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).

El día 23 de agosto de 1971 el Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, colocó la primera piedra de lo que muy pronto sería el Centro Educativo de nivel medio superior más importante de la entidad.



1 Figura 2.1 Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Carretera Panamericana Km. 1080 Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México C. P. 29000, Apartado Postal 599

### 2.3.2 Misión

Formar de manera integral profesionales de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

### 2.3.3 Visión

Ser una institución de excelencia en la educación superior tecnológica del sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

## 2.4 Problemas a resolver

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) se caracteriza por ser una institución de excelencia en la educación superior tecnológica, para poder lograrlo cuenta con las instalaciones necesarias, diferentes áreas y laboratorios donde los alumnos podrán realizar las prácticas correspondientes y capacitación de acuerdo a su especialidad. Cada área de trabajo cuenta con el equipo necesario para el desarrollo de mencionadas actividades, con la finalidad de que el alumno tenga una mejor comprensión de lo visto en clase, así como una mejor visualización a situaciones y/o problemas reales.

El área de mecánica del ITTG cuenta con un laboratorio de automatización y control, el cual tiene un robot industrial Mitsubishi RV-2AJ, un brazo robot capaz de realizar diversos procesos en forma sistematizada mediante programación. Para la realización de ciertos procesos algunas veces se requiere de alguna herramienta de apoyo, equipos mecánicos o electrónicos auxiliares (sensores, controles, bandas transportadoras, etc.) que se complemente con el robot para trabajar conjuntamente mediante la creación de una interfaz entre ambos, logrando así, la realización de actividades mucho más complejas y un mejor aprovechamiento del brazo robótico.

Por lo tanto el departamento de mecánica demanda una herramienta didáctica para el entrenamiento del robot industrial Mitsubishi RV-2AJ desarrollando entonces, **el diseño y programación de una mesa de entrenamiento de robótica industrial** con el fin de brindar un

aporte al laboratorio de automatización y control para poder comprender mejor, de manera más didáctica, el funcionamiento de algunos de los procesos que se realizan en la industria, además de poder mostrar al alumno la capacidades de un ingeniero mecánico.

Con el apoyo de esta herramienta el brazo robótico colocará y ordenará objetos de acuerdo a su geometría y material haciendo uso de sensores y los software COSIROP y COSIMIR para la parte de la programación.

Las actividades generales que se llevarán a cabo para la solución de mencionado problema son las siguientes:

- ✓ Conocer el estado del arte de las mesas de entrenamientos de robótica industrial, características y tendencias.
- ✓ Consultar los manuales del brazo robótico para conocer sus funciones, grados de libertad, alcances y limitaciones del mismo.
- ✓ Realizar los cálculos correspondientes al diseño de la mesa, para selección del material, espesor, dimensiones, y distribución de sus componentes.
- ✓ Seleccionar los sensores y programar el brazo de acuerdo al diseño de la mesa
- ✓ Proponer el diseño de la mesa y realizar la interfaz brazo-mesa
- ✓ Realizar un modelado 3D del diseño final.

## 2.5 Alcances y Limitaciones

### Alcances

Con este proyecto se pretende demostrar el funcionamiento de un brazo robótico industrial así como tener una visión más clara de los procesos de manufactura industriales, además de proporcionar una herramienta didáctica al brazo, y un aporte al laboratorio de automatización y control del departamento de metal mecánica como herramienta de trabajo para que los alumnos puedan practicar y de esa manera mostrarles todo lo que es capaz de realizar un ingeniero mecánico y la importancia que tiene su participación en otras áreas.

Las ventajas de los sistemas automatizados en la industria son variadas entre ellas las más importantes son la seguridad de los trabajadores ya que pasan a ser las máquinas y robots

quienes realizan los trabajos peligrosos e insalubres. La Comodidad: trabajos repetitivos, monótonos y en posiciones forzadas.

Las aplicaciones de los sistemas robóticos podrían ser innumerables. Pero existen factores, fuertes y decisivos, que inhiben el crecimiento y desarrollo de esta tecnología. Estos a considerar son:

Limitaciones económicas.

Dado que la robótica es una disciplina de avanzada y en desarrollo, los costos asociados a ella son altísimos, puesto que se necesitan recursos no sólo para su construcción. Hay muchas áreas de investigación relacionadas que también son fuentes de costo, y hacen que en la actualidad un sistema robótico sea un producto muy caro y no masificado.

Limitaciones tecnológicas.

Un campo de investigación como la robótica está orientado a tratar de llevar a la práctica ideas que pueden haber sido concebidas hace ya mucho tiempo. Además del factor recursos, la concreción de dichas ideas dependerá de que se hayan encontrado o desarrollado los medios tecnológicos que la permitan.

## **CAPÍTULO 3**

### **Fundamentos del diseño**

Diseño es la acción o plan para llevar adelante una idea o crear soluciones eficaces a un problema.

El diseño está conectado con la invención o innovación y con el arte. Lo separamos de la invención por ser ésta una acción de aplicación novedosa de algún sistema y nos diferenciamos del arte por ser éste el que se ocupa de la expresión del creador, independiente de que el proyecto tenga un uso programado como objetivo proporcionar una o varias soluciones Para definir un producto de forma que satisfaga los requisitos y restricciones establecidas

#### **3.1 Concepto de diseño**

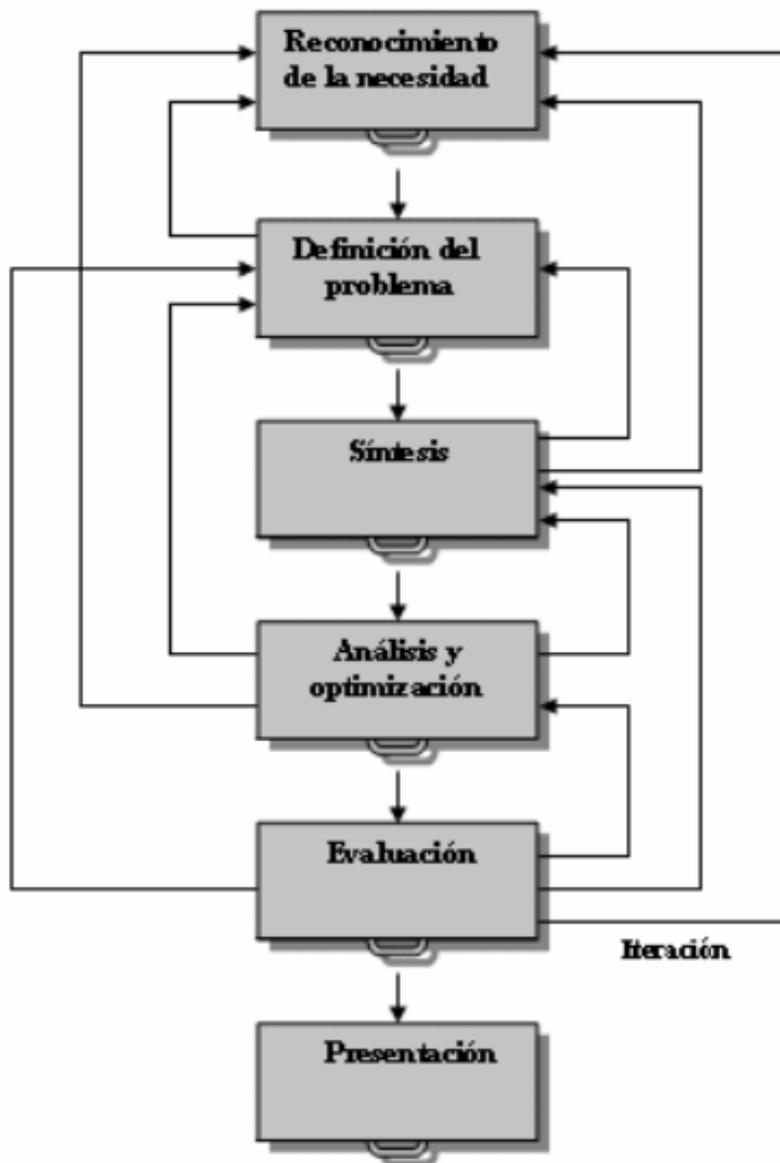
Existe un sin número de definiciones de lo que es el diseño, sin embargo mencionaremos solamente algunas que consideramos importantes y que fueron dadas por diferentes autores. Podemos decir entonces que:

- a).- El diseño es una actividad creativa que supone la consecución de algo nuevo y útil, sin existencia previa. (Reswick, 1965).
- b).- El diseño es la solución óptima de un conjunto de verdaderas necesidades en un conjunto particular de circunstancias. (Matchett, 1968).

El “diseño mecánico” es el proceso lógico que ordena y planea la actividad creativa que, utilizando principios científicos, información técnica e imaginación, define estructuras mecánicas, máquinas o sistemas para realizar funciones específicas con el máximo de economía y eficiencia.

### 3.2 Procesos del diseño mecánico

El proceso mecánico se refiere a la metodología que debe seguirse durante el desarrollo de cualquier tipo de diseño. Este proceso lo representamos en la figura 3.1



2 Fig. 3.1 Procesos del diseño mecánico

## RECONOCIMIENTO DE UNA NECESIDAD

El diseño comienza cuando se detecta una necesidad y se decide hacer algo al respecto. Una necesidad se identifica fácilmente después de que alguien la ha planteado esta debe ser breve y sin detalles.

## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Debe abarcar todas las condiciones para el objeto que se ha de diseñar. Tales condiciones o especificaciones son los costos de entrada y salida, las características y dimensiones que deberá ocupar el objeto y todas las limitaciones a estas cantidades.

## SÍNTESIS.

Consiste abarcar todas las condiciones del objeto que se ha de diseñar y sus procedimientos alternativos de diseños, sin preocuparse de su valor o calidad. Este paso se conoce a veces como paso de ideas de invención, en este se genera en número mayor posible de soluciones creativas.

## ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN.

Refiere a la creación de ideas o imágenes de modelos abstractos del sistema que admitan alguna forma de análisis matemático. Tales modelos reciben el nombre de modelos matemáticos. Se espera que el sistema reproduzca lo mejor posible el sistema físico real.

## EVALUACIÓN.

Esta fase es muy importante dentro del proceso total del diseño, pues es la demostración definitiva de que el diseño es acertado y, generalmente incluye pruebas con un prototipo en el laboratorio. En este punto es cuando se desea observar si el diseño satisface realmente las necesidades. Por ejemplo:

- ¿Es confiable?
- ¿Competirá con éxito contra productos semejantes?

¿Es fácil de mantener y ajustar?

## PRESENTACION

La comunicación del diseño a otras personas es el paso final y vital en el proceso de diseño.

### 3.3 Ergonomía del diseño

Los ergonomistas del área de diseño y evaluación participan durante el diseño y la evaluación de equipos, sistemas y espacios de trabajo; su aportación utiliza como base conceptos y datos obtenidos en mediciones antropométricas, evaluaciones biomecánicas, características sociológicas y costumbres de la población a la que está dirigida el diseño.

Al considerar los rangos y capacidades de la mayor parte de los usuarios en el diseño de lugares de trabajo, equipo de seguridad y trabajo, así como herramientas y dispositivos de trabajo, ayuda a reducir el esfuerzo y estrés innecesario en los trabajadores, lo que aumenta la seguridad, eficiencia y productividad del trabajador.

En forma general, podemos decir que el desempeño del operador es mejor cuando se le libera de elementos distractores que compiten por su atención con la tarea principal, ya que cuando se requiere dedicar parte del esfuerzo mental o físico para manejar los distractores ambientales, hay menos energía disponible para el trabajo productivo. Los campos de acción son principalmente:

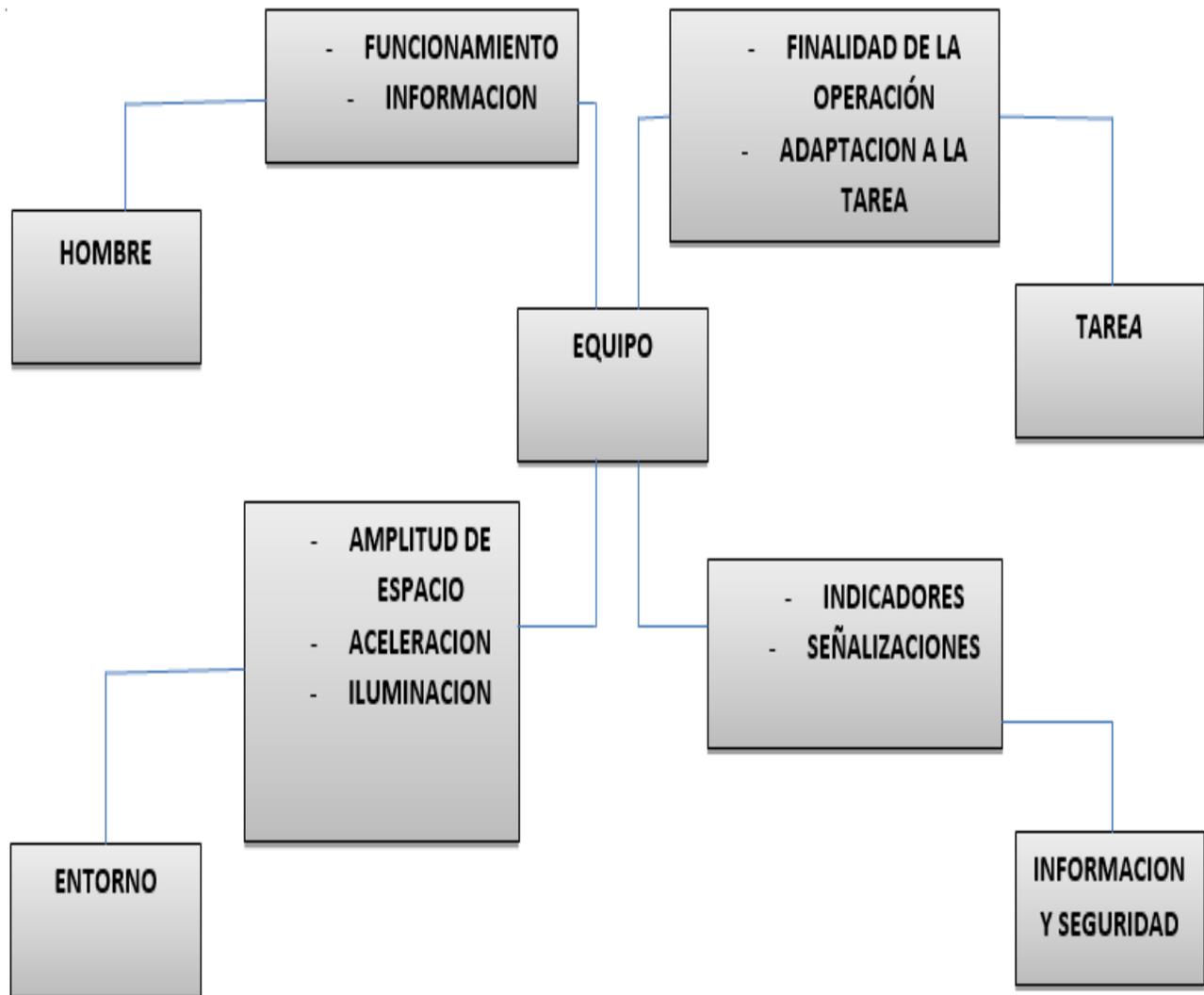
- Mejoramiento del ambiente físico de trabajo (confort e higiene laboral).
- Diseño de herramientas, maquinaria e instalaciones desde el punto de vista del usuario.
- Estructuración de métodos de trabajo y de procedimientos en general (por rendimientos y por seguridad).
- Selección profesional.
- Capacitación y entrenamiento laborales.
- Evaluación de tareas y puestos.
- Psicología integral. (Y con más generalidad empresarial)

La lógica que utiliza la ergonomía se basa en el axioma de que las personas son más importantes que los objetos o que los procesos productivos; por tanto, en aquellos casos en los

que se plantee cualquier tipo de conflicto de intereses entre personas y cosas, deben prevalecer los de las personas.

### 3.3.1 Consideraciones ergonómicas sobre el diseño de máquinas.

Las consideraciones ergonómicas que hay que tomar en cuenta en el diseño de equipos se representan en la figura 3.2.



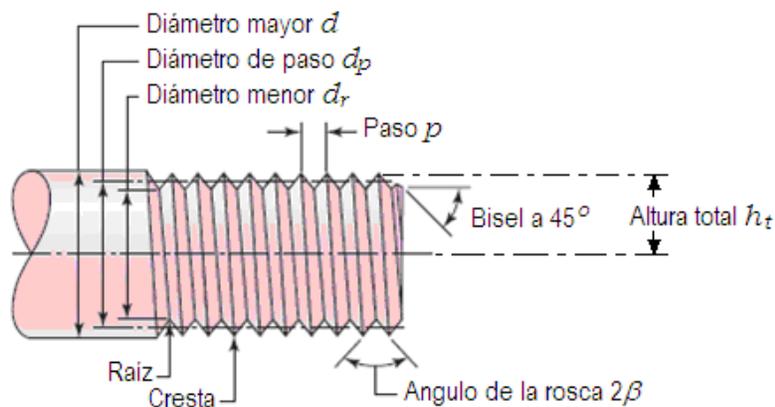
3 Fig. 3.2 Consideraciones ergonómicas sobre el diseño de equipos.

### 3.4 Elementos de sujeción

Los elementos de sujeción se emplean para sujetar un cuerpo con otro o con muchos. Por lo tanto, el acabado de estos elementos es crítico para su función. Casi todos los elementos de sujeción se recubren para protegerlos de la corrosión y para lograr propiedades especiales.

#### 3.4.1 Tornillos

Un tornillo es un dispositivo que se utiliza en la maquinaria para convertir un giro o desplazamiento angular en un desplazamiento rectilíneo, y transmitir así, la acción de una fuerza o potencia mecánica. Cada uno de los elementos de máquinas tiene una terminología única. En la figura (3.1) se describen la terminología y las dimensiones de las partes roscadas.



4 Figura (3.3).- Parámetros que se emplean para definir la terminología de un perfil roscado.

De la figura anterior se tiene que:  $d$  = diámetro mayor

$d_c$  = diámetro de la cresta

$d_p$  = diámetro de paso

$d_r$  = diámetro de la raíz

$h_r$  = altura más grande de la rosca

$\beta$  = ángulo de la rosca

Dos términos importantes son:

a).- Paso ( $P$ ).- Es la distancia desde un punto sobre una rosca hasta el mismo punto en una rosca adyacente.

En la nomenclatura americana

$$\boxed{p = \frac{1}{n}} \text{ ..... (2.1)}$$

En donde  $P$  = paso en pulgadas.

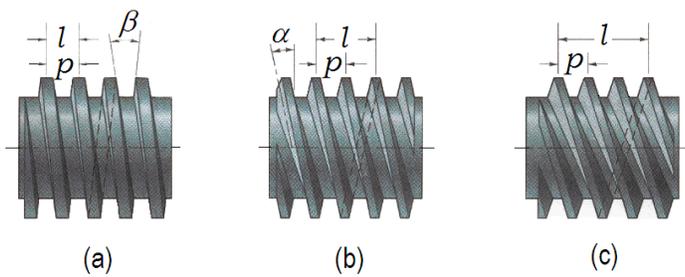
$n$  = número de roscas por pulgada.

b).- Avance ( $l$ ).- Es la distancia que se desplaza una tuerca paralelamente al eje de la rosca de un perno, cuando se le da una vuelta completa.

$$\boxed{l = mp} \text{ ..... (2.2)}$$

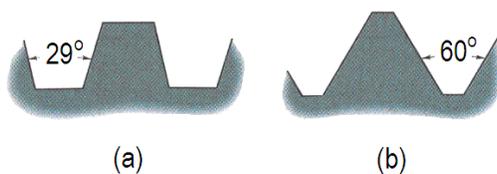
De ésta manera para un tornillo de rosca sencilla  $l = p$  y para un tornillo de rosca doble  $l = 2p$ , etc.

En la figura (2.2) se observan las diferencias entre tornillos de rosca sencilla, doble y triple.



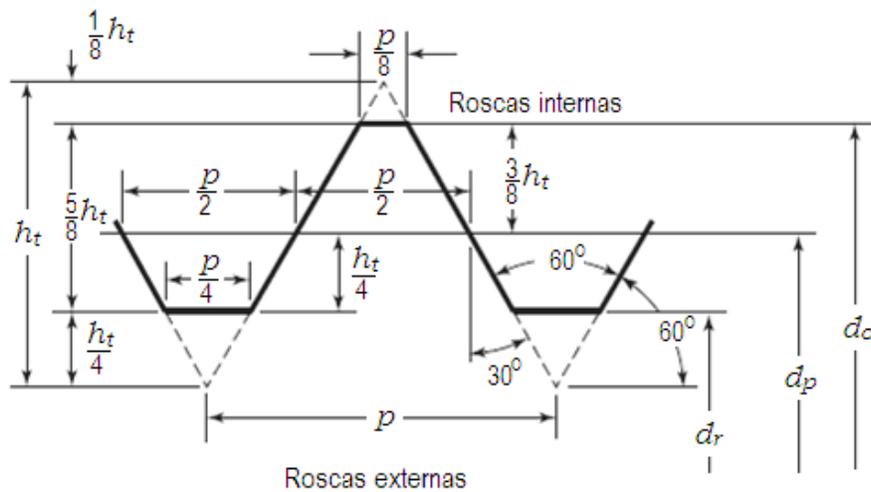
5 Figura (3.4).- Tornillos de rosca a) simple, b) doble, c) triple

Se pueden usar diferentes perfiles de rosca para una amplia variedad de aplicaciones. En la figura (3.5) se presentan dos tipos. El perfil Acme se utiliza en los tornillos de potencia y en roscas de máquinas herramientas. Otro perfil es el unificado (UN) que se utiliza también con mucha frecuencia. El perfil Acme tiene un ángulo de rosca de  $29^\circ$ , mientras que el unificado (UN) tiene un ángulo de rosca de  $60^\circ$ . El perfil métrico (M) es popular y muy similar al perfil UN.



6 Figura (3.5).- Perfiles de rosca. a) Acme; b) UN.

En la figura (3.6) se muestran detalles de los perfiles de rosca M y UN:



7 Figura (3.6).- Detalles de los perfiles de rosca M y UN.

Por medio de la figura anterior se obtiene lo siguiente:

$$h_t = \frac{0.5p}{\tan 30^\circ} = 0.866p \quad \text{----- (2.3) (altura máxima posible de la rosca)}$$

$$d_r = d_c - 1.0825p \quad \text{----- (2.4) (diámetro de la raíz de la rosca)}$$

$$d_p = d_c - 0.6495p \quad \text{----- (2.5) (diámetro de paso)}$$

El término “series de rosca” se puede aplicar a las roscas de cualquier tamaño. Cada una de las series de rosca tiene el mismo número de roscas por pulgada. Las ocho series de rosca UN de paso constante son 4, 6, 8, 12, 16, 20, 28 y 32 roscas por pulgada.

Además de las series de rosca, los perfiles de rosca se clasifican por la basteza, la cual se refiere a la calidad y al número de roscas por pulgada producidas sobre un diámetro común del sujetador. Las designaciones que siguen después de las siglas UN significan lo siguiente:

- 1.- C = roscas de paso basto
- 2.- F = roscas de paso fino
- 3.- EF = roscas de paso extrafino

Después de la designación de la basteza se continúa con el diámetro medio en pulgadas y con el número de roscas por pulgada. Por ejemplo, UNF 1/2 x 16 significa un perfil de rosca UN con roscas de paso fino, un diámetro de cresta de 1/2 pulgada, y 16 roscas por pulgada.

En el caso de las roscas métricas generalmente se consideran solo las designaciones basta o fina. Por ejemplo, MF 6x1 significa un perfil de rosca M con roscas de paso fino, un diámetro de cresta de 6 mm y una distancia de paso de 1 mm.

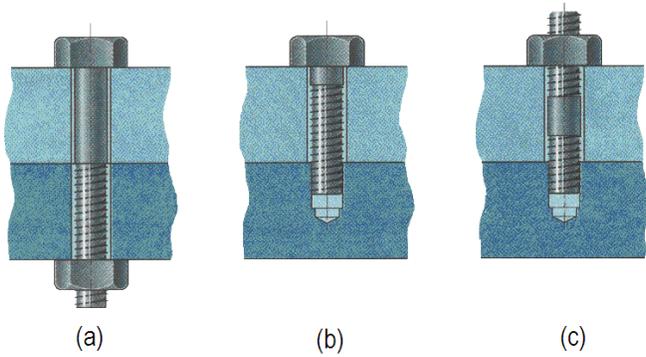
Las clasificaciones anteriores solo son aplicables para roscas individuales pero no se toma en cuenta como se ajustan las partes macho y hembra del sujetador. En las unidades inglesas las roscas externas se designan por medio de la letra A, mientras que las internas por la letra B. Existen tres clases de ajuste: 1 (ajuste más suelto), 2 (ajuste normal) y 3 (ajuste apretado). Por ejemplo UNC 2x8 - 1B significa un perfil de rosca UN con rosca de paso basto, un diámetro de cresta de 2 pulgadas, 8 roscas de paso constante por pulgada y un ajuste suelto, especificando la parte interna del sujetador.

### **3.4.2 Sujetadores roscados.**

un sujetador es un dispositivo que sirve para conectar o unir dos o más elementos. el sujetador más común es el roscado, el cual se utiliza para sujeciones no permanentes; es decir, que puede ser desensamblado fácilmente sin recurrir a su destrucción como ocurriría con otro tipo de uniones tales como las remachadas o soldadas.

### **3.4.3 Tipos de sujetadores roscados.**

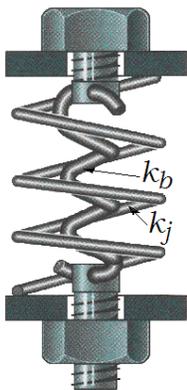
la siguiente figura representa tres tipos de sujetadores roscados: a).- de perno y tuerca, b).- tornillo de cabeza, c).- birlo.



8 Figura (3.7).- Tres tipos de sujetadores roscados. (a) Perno y tuerca; (b) Tornillo de cabeza; (c) Birlo.

### 3.4.4.- Análisis de carga de pernos y tuercas.

el perno y la tuerca se pueden considerar como un sistema de resortes como se presenta en la figura siguiente:



9 Figura (3.8).- ensamble de perno y tuerca, simulado mediante un resorte de perno y junta.



$$e_k = \frac{P}{k_b + k_j} \text{----- (2.19)}$$

la carga sobre el perno es:

$$P_b = P_i + k_b e_k = P_i + \frac{P k_b}{k_b + k_j} = P_i + C_k P \text{----- (2.20)}$$

en donde

$$C_k = \frac{k_b}{k_b + k_j} \text{----- (2.21) (parámetro adimensional de la rigidez)}$$

la carga sobre la junta es:

$$P_j = P_i - k_j e_k = P_i - \frac{P k_j}{k_j + k_b} = P_i - (1 - C_k) P \therefore$$

$$P_j = P_i - (1 - C_k) P \text{----- (2.22)}$$

### 3.4.5 Rigidez del perno.

Parámetros de rigidez. la constante de resorte se determina dividiendo la carga normal entre la deflexión elástica, esto es

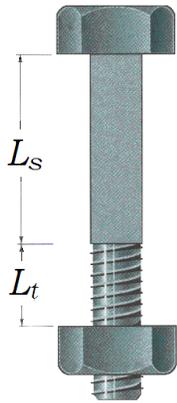
$$k = \frac{P}{\delta} = \frac{P}{\frac{PL}{AE}} \therefore$$

$$k = \frac{AE}{L} \text{----- (2.23)}$$

El perno se trata como un resorte en serie cuando se consideran el cuerpo y la sección roscada. el perno también puede tener diámetros diferentes debido a otras especificaciones, por lo que su rigidez se determina como sigue:

$$\frac{1}{k_b} = \frac{1}{k_{b1}} + \frac{1}{k_{b2}} + \frac{1}{k_{b3}} + \dots \quad \text{----- (2.24)}$$

La siguiente figura representa el ensamble de un perno y una tuerca.



11 Figura (3.10).- ensamble de perno y tuerca

De acuerdo con la figura (3.10) la rigidez del perno se calcula mediante la expresión

$$\frac{1}{k_b} = \frac{4}{\pi E} \left( \frac{L_s}{d_c^2} + \frac{L_t}{d_r^2} \right) \quad \text{----- (2.25)}$$

en donde  $d_c$  = diámetro de la cresta, m o pul

$d_r$  = diámetro de la raíz, m o pul

$L_s$  = longitud sólida en la junta

$L_r$  = longitud roscada en la junta

Para roscas estandarizadas la longitud roscada total se calcula por las siguientes expresiones:

$$L_t = \begin{cases} 2d_c + 6 \text{ mm} & L \leq 125, d_c \leq 48 \text{ mm} \\ 2d_c + 12 \text{ mm} & 125 < L \leq 200 \text{ mm} \\ 2d_c + 25 \text{ mm} & L > 200 \text{ mm} \end{cases} \text{ (rosas métricas) ----- (2.26)}$$

$$L_t = \begin{cases} 2d_c + 0.25 \text{ pul} & L \leq 6 \text{ pul} \\ 2d_c + 0.50 \text{ pul} & L > 6 \text{ pul} \end{cases} \text{ (Serie en pulgadas) ----- (2.27)}$$

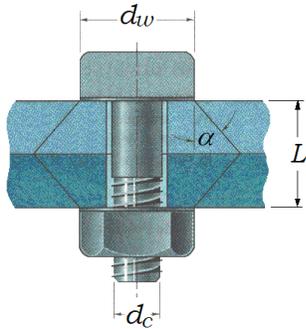
En donde  $L_t$  = longitud total roscada en el tornillo

$L$  = longitud total del perno

$d_c$  = diámetro de la cresta

### 3.4.6 rigidez de la junta.

el cálculo de la rigidez de la junta es mucho más complicado que la determinada para el perno. una de las aproximaciones más frecuentes es que el esfuerzo que se induce en la junta es uniforme en toda la región que rodea al agujero del perno, con un esfuerzo nulo fuera de esa región. con frecuencia se emplean dos troncos cónicos simétricos alrededor del plano medio de la junta; cada uno con un ángulo del vértice  $\alpha$ . en la figura siguiente se representa el esfuerzo del tronco cónico de la junta en un ensamble de perno y tuerca. Debemos notar que  $d_w$  es el diámetro de la arandela.



12 Figura (3.11).- ensamble de perno y tuerca con representación del esfuerzo del tronco cónico de la junta

Para determinar la rigidez de la junta, se recomienda la siguiente expresión:

$$k_{ji} = \frac{\pi E_i d_c \tan \alpha}{\ln \left[ \frac{(2L_i \tan \alpha + d_i - d_c)(d_i + d_c)}{(2L_i \tan \alpha + d_i + d_c)(d_i - d_c)} \right]} \quad (2.28)$$

En donde  $L_i$  = longitud axial del tronco cónico, m

$d_i$  = diámetro del tronco cónico, m

Con  $\alpha = 30^\circ$ , la ecuación (2.28) queda

$$k_{ji} = \frac{0.577 \pi E_i d_c}{\ln \left[ \frac{(1.15L_i + d_i - d_c)(d_i + d_c)}{(1.15L_i + d_i + d_c)(d_i - d_c)} \right]}$$

Siempre se usa el más pequeño de los diámetros de los troncos cónicos. para el miembro más cercano a la cabeza del perno o de la tuerca  $d_i = d_w = 1.5d_c$ .

La rigidez resultante de la junta es

$$\frac{1}{k_j} = \frac{1}{k_{j1}} + \frac{1}{k_{j2}} + \frac{1}{k_{j3}} + \dots \quad (2.29)$$

### 3.4.7 resistencia.

Carga de prueba de un perno  $(P_p)$  .- es la carga máxima que un perno puede soportar sin adquirir una deformación permanente.

Resistencia de prueba  $(S_p)$  .- es el valor límite del esfuerzo que se determina usando la carga de prueba y el área de esfuerzo de tensión; esto es,

$$S_p = \frac{P_p}{A_t} \text{----- (2.30)}$$

La resistencia de prueba define los grados de los pernos o clases en la que se especifica el material, el tratamiento térmico y la resistencia de prueba mínima para el perno o el tornillo. en las tablas (2.2) y (2.3) se proporciona la información de la resistencia para pernos grados sae y métricos respectivamente

## CAPÍTULO 4

### Descripción de las actividades realizadas

#### Estado del arte

Por siglos, el ser humano ha construido máquinas que imitan partes del cuerpo humano. Los antiguos egipcios unieron brazos mecánicos a las estatuas de sus dioses; los griegos construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicos, los cuales eran utilizados para fascinar a los adoradores de los templos.

El inicio de la robótica actual puede fijarse en la industria textil del siglo XVIII, cuando Joseph Jacquard inventa en 1801 una máquina textil programable mediante tarjetas perforadas. Luego, la Revolución Industrial impulsó el desarrollo de estos agentes mecánicos.

Además de esto, durante los siglos XVII y XVIII en Europa fueron construidos muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots. Jacques de Vaucansos construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. En 1805, Henri Maillardert construyó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos. La palabra robot se utilizó por primera vez en 1920 en una obra llamada "Los Robots Universales de Rossum", escrita por el dramaturgo checo Karel Capek. Su trama trataba sobre un hombre que fabricó un robot y luego este último mata al hombre. La palabra checa 'Robota' significa servidumbre o trabajado forzado, y cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término robot. Luego, Isaac Asimov comenzó en 1939 a contribuir con varias relaciones referidas a robots y a él se le atribuye el acuñamiento del término Robótica y con él surgen las denominadas "Tres Leyes de Robótica" que son las siguientes:

1. Un robot no puede actuar contra un ser humano o, mediante la inacción, que un ser humano sufra daños.
2. Un robot debe obedecer las órdenes dadas por los seres humanos, salvo que estén en conflictos con la primera ley.
3. Un robot debe proteger su propia existencia, a no ser que esté en conflicto con las dos primeras leyes.

George Devol fue el primero en aplicar patentes robóticas en 1946 (conocido en 1999). La primera empresa en producir un robot fue Unimation, fundada por George Devol y Joseph F. Engelberger en 1956, y se basa en las patentes originales de Devol. Unimation robots también se llama transferencia de máquinas programables, ya que su principal uso fue en la primera transferencia de objetos de un punto a otro, a menos de una docena de pies o de manera aparte. Ellos utilizan los actuadores hidráulicos y fueron programadas en conjunto de coordenadas, es decir, los ángulos de las distintas articulaciones se almacenaron durante una fase de la enseñanza y reproducción en funcionamiento. Eran una precisión de 1/10000 de una pulgada (nota: aunque la precisión no es una medida adecuada para robots, generalmente evaluados en términos de repetibilidad - véase más adelante). Las tecnologías de Unimation, creadas por Raúl EGG, quedaron más tarde bajo licencia de Kawasaki Heavy Industries y Guest-Nettlefolds, Unimates de fabricación en Japón e Inglaterra, respectivamente. Desde hace algún tiempo Unimation tuvo un competidor único, que fue Cincinnati Milacron Inc, de Ohio. Esto cambió radicalmente en la década de 1970 cuando varios grandes conglomerados japoneses comenzaron a producir robots industriales similares.

Durante la evolución de las máquinas industriales, el hombre se ha sentido fascinado por las maquinarias dispositivos capaces de realizar actividades y movimientos de los seres vivos. De esta manera, hoy tenemos en muchas de las industrias del mundo, robots diseñados con particularidades humanas, como es el caso de los brazos robots

Entre los robots considerados de más utilidad en la actualidad se encuentran los robots industriales o manipuladores. Existen ciertas dificultades a la hora de establecer una definición formal de lo que es un robot industrial. La primera de ellas surge de la diferencia conceptual entre el mercado japonés y el euro-americano de lo que es un robot y lo que es un manipulador. Así, mientras que para los japoneses un robot industrial es cualquier dispositivo mecánico dotado de articulaciones móviles destinado a la manipulación, el mercado occidental es más restrictivo, exigiendo una mayor complejidad, sobre todo en lo relativo al control. En segundo lugar, y centrándose ya en el concepto occidental, aunque existe una idea común acerca de lo que es un robot industrial, no es fácil ponerse de acuerdo a la hora de determinar una definición formal. Además, la evolución de la robótica ha ido obligando a diferentes actualizaciones de su definición.

La definición más comúnmente aceptada posiblemente sea la de la Asociación de Industrias de Robótica (RIA, Robotic Industry Association), según la cual:

"Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas, o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas"

Esta definición, ligeramente modificada, ha sido adoptada por la Organización Internacional de Estándares (ISO) que define al robot industrial como:

"Manipulador multifuncional reprogramable con varios grados de libertad, capaz de manipular materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales según trayectorias variables programadas para realizar tareas diversas"

Se incluye en esta definición la necesidad de que el robot tenga varios grados de libertad. Una definición más completa es la establecida por la Asociación Francesa de Normalización (AFNOR), que define primero el manipulador y, basándose en dicha definición, el robot:

Manipulador: mecanismo formado generalmente por elementos en serie, articulados entre sí, destinado al agarre y desplazamiento de objetos. Es multifuncional y puede ser gobernado directamente por un operador humano o mediante dispositivo lógico.

Robot: manipulador automático servo-controlado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectoria variables reprogramables, para la ejecución de tareas variadas. Normalmente tiene la forma de uno o varios brazos terminados en una muñeca. Su unidad de control incluye un dispositivo de memoria y ocasionalmente de percepción del entorno. Normalmente su uso es el de realizar una tarea de manera cíclica, pudiéndose adaptar a otra sin cambios permanentes en su material

Por último, la Federación Internacional de Robótica (IFR, International Federation of Robotics) distingue entre robot industrial de manipulación y otros robots:

"Por robot industrial de manipulación se entiende una máquina de manipulación automática, reprogramable y multifuncional con tres o más ejes que pueden posicionar y orientar materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales para la ejecución de trabajos

diversos en las diferentes etapas de la producción industrial, ya sea en una posición fija o en movimiento”.

#### **4.1 materiales de construcción**

Los materiales a utilizar al diseñar deben ser los más adecuados estos deben eliminar costos que sean resistentes, durables y fáciles de conseguir

#### **4.2 Polimetilmetacrilato**

Dentro de los plásticos de ingeniería podemos encontrarlo como polimetilmetacrilato, también conocido por sus siglas pmma. la lámina de acrílico se obtiene de la polimerización del metacrilato de metilo y la presentación más frecuente que se encuentra en la industria del plástico es en gránulos ('pellas' en castellano; 'pellets' en inglés) o en láminas. los gránulos son para el proceso de inyección o extrusión y las láminas para termo formado o para mecanizado.

En gránulos el acrílico es un material higroscópico, razón por la cual es necesario secarlo antes de procesarlo.

Las aplicaciones del pmma son múltiples, entre otra señalización, expositores, protecciones en maquinaria, mesas, mamparas separadoras decorativas y de protección, acuarios y piscinas, obras de arte, etc. las ventajas de este material son muchas pero las que lo diferencian del vidrio son: bajo peso, mejor transparencia, inferior fragilidad. de los demás plásticos se diferencia especialmente por su mejor transparencia, su fácil moldeo y su posible reparación en caso de cualquier raya superficial. la posibilidad de obtener fibras continuas de gran longitud mediante un proceso de fabricación relativamente barato hace junto con su elevada transparencia que sea un material muy empleado para la fabricación de fibra óptica. Últimamente encontramos muchos diseños, colores y acabados en las planchas que abren un mundo de posibilidades para su uso en arquitectura y decoración, sectores en los que cada vez se emplea más frecuentemente.

El pmma no es tóxico si está totalmente polimerizado. su componente el mma (monómero de metacrilato de metilo) sí lo es en fase líquida.

### 4.2.3 Propiedades físicas

- ✓ Transparencia de alrededor del 93 %. el más transparente de los plásticos.
- ✓ Alta resistencia al impacto, de unas diez a veinte veces la del vidrio.
- ✓ Resistente a la intemperie y a los rayos ultravioleta. no hay un envejecimiento apreciable en diez años de exposición exterior.
- ✓ Excelente aislante térmico y acústico.
- ✓ Ligero en comparación con el vidrio (aproximadamente la mitad), con una densidad de unos 1 190 kg/m<sup>3</sup> es sólo un poco más denso que el agua.
- ✓ De dureza similar a la del aluminio: se raya fácilmente con cualquier objeto metálico, como un clip. el metacrilato se repara muy fácilmente con una pasta de pulir.
- ✓ De fácil combustión, no es auto extingible (no se apaga al ser retirado del fuego). sus gases tienen olor afrutado y crepita al arder. no produce ningún gas tóxico al arder por lo que se puede considerar un producto muy seguro para elementos próximos a las personas al igual que la madera.
- ✓ Gran facilidad de mecanización y moldeo.

Se comercializa en planchas rectangulares de entre 2 y 120 mm de espesor. existe con varios grados de resistencia (en unas doce calidades diferentes) y numerosos colores. se protege su superficie con un film de polietileno para evitar que se raye al manipularlo.

Se puede mecanizar en frío pero no doblar.(serrado, esmerilado, acuchillado pulido, etc.). para doblarlo hay que aplicar calor local o calentar toda la pieza. esto último es un proceso industrial complejo que requiere moldes y maquinaria especializada.

El metacrilato presenta gran resistencia al ataque de muchos compuestos pero es atacado por otros, entre ellos: acetato de etilo, acetona, ácido acético, ácido sulfúrico, alcohol amílico, benzol, butanol, diclorometano, triclorometano (cloroformo), tolueno.

#### 4.2.4 propiedades mecánicas

1 Tabla 4.1 Propiedades mecánicas del Polimetilmetacrilato

Propiedad	Norma ASTM	Valor	Unidad
Dureza a la penetración BARCOLL	D-2583	50-52	-
Dureza a la penetración ROCKWELL	D-785	M 100	-
Elongación a la rotura	D-638	2	%
Módulo de elasticidad a la tracción	D-638	30.000-32.000	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de flexión	D-790	28600	kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de la resistencia a la compresión	D-695	21420	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la abrasión (500 g., 100 ciclos).	D-1044	4	-
Resistencia a la compresión	D-695	1020	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la flexión	D-790	1020	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción	D-638	700	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción a -40° C	D-638	950	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la tracción a +70° C	D-638	350	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al choque con probeta sin entallar (CHARPY)	D-256(Met.B)	20-30	kg. cm/cm <sup>2</sup>
Resistencia al choque con probeta entallada (IZOD)	D-256(Met.A)	1-2	kg. cm/cm
Resistencia al cizallamiento	D-732	630	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al cuarteamiento bajo carga (Crazing)			
Expresado como longitud mínima sin defectos de la probeta	(1)	7,24	cm.
Expresado como resistencia mecánica mínima	(2)	200	kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia al rayado (1000 g., N-80) Opacidad máxima	D-673	4	-
(1) Federal Standard 6053 (2) Norma interna ICI			

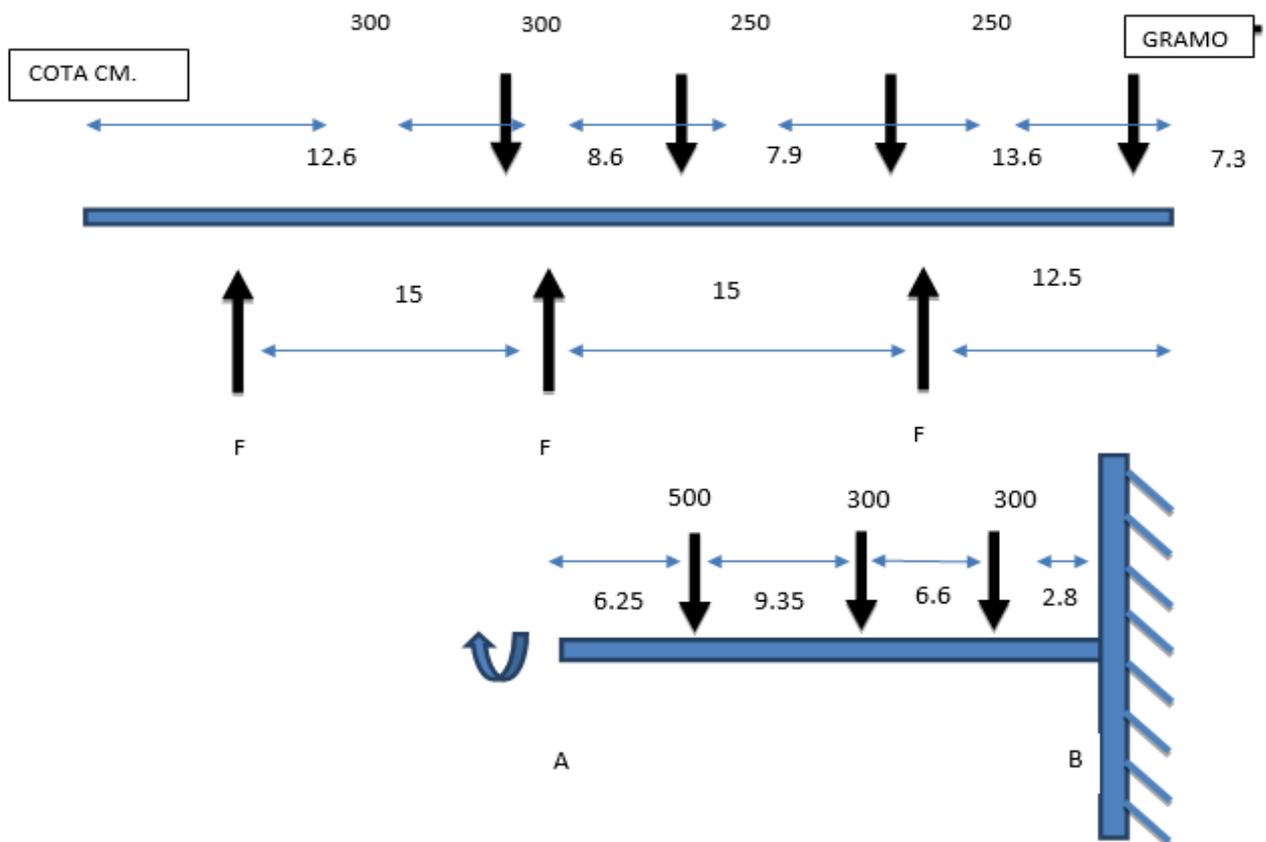
### 4.2.5 Peso del acrílico

Peso por Metro Cuadrado

2 Tabla 4.2 Peso del acrílico

Espesor (mm)	Peso (Kg.)						
2.4	2,860	6	7,140	15	17,850	25	29,750
3.2	3,808	8	9,520	18	21,420	30	35,700
4	4,760	10	11,900	20	23,800	35	41,650
5	5,950	12	14,280	22	26,180	40	47,600

### 4.3 Cálculos de diseño



13 Fig. 4.1 Cálculos de diseño diagrama de cuerpo libre

Análisis del diagrama

$$\sum F_y = 0$$

$$(9.8\text{m/s}^2)(1.1\text{kg})=3F$$

$$\frac{(9.8\text{m/s}^2)(1.1\text{kg})=F}{3}$$

3

$$F= 3.597 \text{ N} \downarrow$$

  $\sum M_A=0$

$$9.81\text{m/s}^2 [.5\text{m} (.1875\text{m})+.3\text{m} (.049\text{m}+.028\text{m})] = MB$$

$$MB = 1.278\text{N}$$

#### 4.4 Selección de perno

Se usara pernos con un grado métrico de 4.6, diámetro de cresta de m6, la resistencia a la ruptura por tensión de 400 Mpa, una resistencia a la fluencia de 240 Mpa, y una resistencia de prueba de 225 Mpa, largo 15.5 mm

$$L = 25\text{mm}$$

$$L_t = 2 \text{ dc} + 6\text{mm}$$

$$L_t=2(6\text{mm})+6\text{mm}$$

$$L_t = 18\text{mm}$$

$$l = l_s + l_t$$

$$L_s = l - l_t = 25\text{mm} - 18\text{mm} = 7\text{mm}$$

Calculo de la rigidez del perno

$$k = AE/L$$

$A=2.8274E-5$

$Eal=72 \text{ GPa}$

$L=25E-3m$

$$k = \frac{2.8274E-5m(72E9 \text{ PA})}{25E-3m}$$

$k=81.43N/m$

Rosca basta

**3 Tabla 4.3 rosca basta**

diámetro de la cresta en mm	paso p en mm	área del esfuerzo de torsión $A_t$ mm <sup>2</sup>
6	1	20.10

Selección de tuerca

**4 Tabla 4.4 selección de tuerca**

tamaño nominal	ancho w	hexagonal mm
mc	10	5.2

## CAPÍTULO 5

### Fundamento teórico Programación

Un robot industrial es básicamente un manipulador multifuncional reprogramable, lo cual permite su adaptación de manera rápida y económica a diferentes aplicaciones. La programación de un robot se puede definir como el proceso mediante el cual se le indica a éste la secuencia de acciones que deberá llevar a cabo durante la realización de su tarea. Estas acciones consisten generalmente en moverse a puntos predefinidos y manipular objetos del entorno.

Durante la ejecución de un programa pre terminado para los movimientos del brazo robot se interacciona con la memoria de un sistema operativo (pc), leyendo y actualizando el contenido de las variables utilizadas en el programa para realizar la interface entre el brazo robot:

- Con el sistema de control cinemático y dinámico del robot, encargados de dar la señal de mando a los accionamientos del robot a partir de las especificaciones del movimiento que se les proporciona.
- Con las entradas-salidas del sistema, logrando la sincronización del robot con el resto de las máquinas y elementos componen su entorno.

Por lo tanto, el sistema de programación es la herramienta con la cual el usuario puede acceder a las diversas prestaciones del robot.

#### Clasificación de los robots industriales

Una clasificación del grado de complejidad del Robot puede establecerse de la siguiente forma:

##### Robots de primera generación

Dispositivos que actúan como "esclavo" mecánico de un hombre, quien provee mediante su intervención directa el control de los órganos de movimiento. Esta transmisión tiene lugar mediante servomecanismos actuados por las extremidades superiores del hombre, caso típico manipulación de materiales radiactivos, obtención de muestras submarinas, etc.

### Robots de segunda generación

El dispositivo actúa automáticamente sin intervención humana frente a posiciones fijas en las que el trabajo ha sido preparado y ubicado de modo adecuado ejecutando movimientos repetitivos en el tiempo, que obedecen a lógicas combinatorias, secuenciales, programadores pasó a paso, neumáticos o Controladores Lógicos Programables. Un aspecto muy importante está constituido por la facilidad de rápida reprogramación que convierte a estos Robots en unidades "versátiles" cuyo campo de aplicación no sólo se encuentra en la manipulación de materiales sino en todo los procesos de manufactura, como por ejemplo: en el estampado en frío y en caliente asistiendo a las máquinas-herramientas para la carga y descarga de piezas. En la inyección de termoplásticos y metales no ferrosos, en los procesos de soldadura a punto y Continúa en tareas de pintado y reemplazando con ventaja algunas operaciones de máquinas convencionales.

### Robots de tercera generación

Son dispositivos que habiendo sido construidos para alcanzar determinados objetivos serán capaces de elegir la mejor forma de hacerlo teniendo en cuenta el ambiente que los circunda. Para obtener estos resultados es necesario que el robot posea algunas condiciones que posibiliten su interacción con el ambiente y los objetos. Las mínimas aptitudes requeridas son: capacidad de reconocer

Un elemento determinado en el espacio y la capacidad de adoptar propias trayectorias para conseguir el objetivo deseado. Los métodos de identificación empleados hacen referencia a la imagen óptica por ser esta el lenguaje humano en la observación de los objetos, sin embargo no puede asegurarse que la que es natural para el hombre, constituye la mejor solución para el robot.

## 5.1 Métodos de programación

Programar un robot consiste en indicar paso por paso las diferentes acciones (moverse a un punto, abrir o cerrar la pinza, etc.) que éste deberá realizar durante su funcionamiento, la flexibilidad en la aplicación del robot y, por lo tanto, su utilidad van a depender en gran parte de las características de su sistema de programación.

Actualmente no existe normalización en relación a los procedimientos de programación de robots, cada fabricante desarrolla su método particular, el cual es válido solamente para sus propios robots. Sin embargo, algunos han servido de modelo para el desarrollo de otros, por ejemplo: el lenguaje AL (Finkel-74).

Existen varios criterios para clasificar los métodos de programación. Algunos lo hacen según la potencia del método, y otras lo hacen según el sistema utilizado para indicar la secuencia de acciones a realizar, éste último es el más ilustrativo al momento de dar a conocer las alternativas existentes para programar un robot.

Según este último criterio, un robot puede ser programado por:

1. Programación por guiado.
2. Programación Textual.

### **5.1.1 Programación por Guiado**

La programación por guiado o aprendizaje consiste en hacer realizar al robot, o a una maqueta del mismo, la tarea, registrando las configuraciones adoptadas para su posterior repetición en forma automática.

Para guiar al robot por los puntos deseados se utilizan distintas soluciones:

#### **5.1.1.1 Guiado Pasivo**

Si los actuadores del robot están desconectados y el programador aporta en forma directa la energía para mover el robot, se habla de un guiado pasivo.

Existe el guiado pasivo directo y el guiado pasivo por maniquí.

Guiado Pasivo Directo: En este caso, el programador puede tomar el extremo del robot y llevarlo hasta los puntos deseados a través de las trayectorias más adecuadas. La unidad de control del robot registra de manera automática la señal de los sensores de posición de las articulaciones en todos los puntos recorridos. Un ejemplo es el caso de los robots de pintura de la firma Gaiotto, los cuales fueron programados con este procedimiento.

Guiado Pasivo por Maniquí: La dificultad física de mover toda la estructura del robot se resuelve a través de este procedimiento. En este caso se dispone de un doble del robot, mientras que éste permanece fuera de línea. El doble posee una configuración idéntica que el robot real, pero es mucho más ligero y fácil de mover. La programación se realiza llevando de la mano a este doble, mientras que la unidad de control muestrea y almacena con cierta frecuencia los valores que toman los sensores de posición de las articulaciones, para su posterior repetición por el robot. Un ejemplo es el caso de los robots de pintura fabricados por Nordson, los cuales son programados utilizando este procedimiento.

### **5.1.1.2 Guiado activo**

Esta posibilidad permite emplear el propio sistema de accionamiento del robot, controlado desde una botonera o bastón de mando (conocido como joystick) para que sea éste el que mueva sus articulaciones.

Guiado Básico: El robot es guiado por los puntos por los cuales se desea que pase durante la fase de ejecución automática del programa. Durante ésta, la unidad de control interpola dichos puntos según determinadas trayectorias. Muchas veces no es posible incluir ningún tipo de estructuras de control dentro del programa, por lo que los puntos son recorridos siempre secuencialmente, en el mismo orden que se programaron. Un ejemplo de este tipo de programación es la utilizada en casi todos los robots de pintura, donde la unidad de control muestrea automáticamente los puntos recorridos por el robot con una frecuencia muy alta.

Guiado Extendido: Permite especificar, junto a los puntos por los que deberá pasar el robot, datos relativos a la velocidad, tipo de trayectoria, precisión con la que se quiere alcanzar los puntos, control del flujo del programa, atención a entradas/salidas binarias, etc. En este caso, el método guiado de utilizado es el de la botonera o joystick. El guiado por extendido aumenta la potencia del sistema de programación.

Los métodos por guiado son muy útiles y presentan ventajas, como que son fáciles de aprender y requieren de un espacio de memoria relativamente pequeño para almacenar la información. Sin embargo, también presenta inconvenientes como la necesidad de utilizar al propio robot y su entorno para realizar la programación, lo que obliga a sacar al robot de la línea de producción e interrumpir ésta. También está la inexistencia de una documentación del programa y la dificultad de realizar modificaciones en el mismo.

### 5.1.2 Programación textual

Este método de programación permite indicar la tarea al robot a través de un lenguaje de programación específico. Un programa se entiende como una serie de órdenes que son editadas y posteriormente ejecutadas, por lo tanto, existe un texto para el programa.

La programación textual se puede clasificar en tres niveles:

- 1 Nivel robot, si las órdenes se refieren a los movimientos a realizar por el robot.
- 2 Nivel objeto, si las órdenes se refieren al estado en que deben ir quedando los objetos.
- 3 Nivel tarea, si las órdenes se refieren al objetivo a conseguir.

Actualmente, la programación de robots se queda en el primero de ellos, existiendo una gran cantidad de lenguajes de programación textual, entre los que destacan por orden cronológico los siguientes:

- AL (Universidad de Stanford - 1974)
- AML (IBM - 1979)
- LM (Universidad de Grenoble - 1981)
- VAL II (ADEPT – 1989)
- RAPID ( ABB – 1994)

A nivel objeto, se han realizado diversos intentos para poder desarrollarlos, pero las dificultades que se han encontrado han impedido una implementación eficiente. Entre ellos destacan los siguientes ejemplos:

- LAMA (MIT – 1976)
- AUTOPASS ( IBM – 1977)
- RAPT ( Universidad de Edimburgo- 1978)

Ejemplo: Se pretende situar la pieza A, sobre la que se apoya la pieza B, en el interior del orificio de la pieza D. A continuación se presentará la programa en los tres niveles de manera simple y utilizando lenguajes hipotéticos.

### 5.1.2.1 Nivel Robot

Se debe especificar cada uno de los movimientos que ha de realizar el robot, como velocidad, direcciones de aproximación y salida, apertura y cierre de la pinza, etc. También es necesario descomponer la tarea global en varias subtareas.

Ejemplo: Quitar B de A (poniendo B sobre C), introducir A en D, etc. Considerando el ejemplo planteado anteriormente la operación que consiste en colocar B sobre C, tendría el siguiente aspecto:

Mover\_a P1 via P2 ; Situarse en un punto sobre la pieza B

Vel = 0.2 \* VELMAX ; Reducir la velocidad

Pinza = ABRIR ; Abrir la pinza

Prec = ALTA ; Aumentar la precisión

Mover\_recta\_a P3 ; Descender verticalmente en línea recta

Pinza = CERRAR ; Cerrar la pinza para coger la pieza B

Espera= 0.5 ; Esperar para garantizar cierre de pinza

Mover\_recta\_a P1 ; Ascender verticalmente en longa recta

Prec = MEDIA ; Decrementar la precisión

Vel = VELMAX ; Aumentar la velocidad

mover\_a P4 via P2 ; Situarse sobre la pieza C

Prec = ALTA ; Aumentar la precisión

Vel = 0.2 \* VELMAX ; Reducir velocidad

Mover\_recta\_a P5 ; Descender verticalmente en línea recta

Pinza = ABRIR ; Abrir pinza

#### **5.1.2.2 Nivel Objeto**

Disminuye la complejidad del programa. La programación se realiza de manera más cómoda, ya que las instrucciones se dan en función de los objetos a manejar. Una planificación de la tarea se encargará de consultar una base de datos y generar las instrucciones a nivel de robot.

Situar B sobre C haciendo coincidir

LADO\_B1 con LADO\_C1 y LADO\_B2 con LADO\_C2 ;

Situar A dentro D haciendo coincidir

EJE\_A con EJE\_HUECO\_ y BASE\_A con BASE\_D ;

#### **5.1.2.3 Nivel Tarea**

El programa se reduce a una única sentencia, ya que, se especifica qué es lo que debe hacer el robot en lugar de como debe hacerlo.

Ensamblar A con D

Cabe destacar, que los sistemas de programación de robots tienden a combinar con mayor frecuencia los dos modos básicos (guiado y textual), permitiendo desarrollar el programa mediante la escritura de las instrucciones y utilizando la posibilidad de guiado en línea en aquellos momentos en que sea necesario.

## **5.2 Requerimientos de un sistema de programación de robots**

Tradicionalmente los requerimientos generales que se han establecido para un sistema de programación de robots son los siguientes:

- Entorno de Programación
- Modelado del Entorno
- Tipo de Datos

- Manejo de Entradas/Salidas (digital y análoga)
- Control del Movimiento del Robot
- Control del flujo de ejecución del programa

### **5.2.1 Entorno de Programación**

Es de gran importancia para conseguir un aumento de productividad, contar con un entorno de programación adecuado a las necesidades.

Programar las acciones de un manipulador es complicado en el sentido de que en todo momento existe una interacción con el entorno, tratándose de un proceso continuo de prueba y error. Esta es la principal causa que lleva a que las mayoría de los sistemas de programación de robots sean de tipo interpretado, pudiéndose realizar un seguimiento paso a paso de lo programado en cada momento. Se evita así el tedioso ciclo de editar-compile-ejecutar muy costoso en tiempo. También es importante que exista una buena monitorización continua del desarrollo del programa.

Algunos de los sistemas de programación actuales se soportan sobre sistemas operativos multitarea, permitiendo el control simultáneo y sincronizado de varios robots o del robot con otros sistemas.

### **5.2.2 Modelado del Entorno**

El modelo del entorno es la representación que tiene el robot de los objetos con los que interacciona. Normalmente este modelo se limita a características geométricas: posición y orientación de los objetos, y en ocasiones a su forma, dimensiones, peso, etc.

Para definir la posición y orientación de los objetos del modelo, lo más frecuente es asignar a cada objeto un sistema de referencia, de manera que la posición y orientación de este sistema referidos a un sistema base, normalmente denominado sistema del mundo, definen de manera única las del objeto.

### **5.2.3 Tipos de Datos**

Un sistema de programación de robots cuenta con datos convencionales (enteros, reales, etc) y con otros destinados a definir las operaciones de interacción con el entorno, como por ejemplo,

los que especifican la posición y orientación de los puntos y objetos a los que debe acceder el robot.

Utilizando coordenadas articulares o del robot: se usa una n-upla  $(q_1, \dots, q_n)$ , donde n es el número de grados de libertad del robot, que indica los valores articulares que debe tomar el robot para posicionar y orientar su extremo como el objeto en cuestión.

Utilizando coordenadas cartesianas o del usuario: en este caso, una vez asociado un sistema de referencia de coordenadas  $\{S_1\}$  al objeto, su posición se describe por las coordenadas cartesianas del origen de  $\{S_1\}$   $(p_x, p_y, p_z)$  mientras que la orientación admite diferentes tipos de representación, como por ejemplo ángulos de Euler, cuaternios.

#### **5.2.4 Manejo de Entradas-Salidas**

La comunicación del robot con otras máquinas o procesos que operan con él, es fundamental para conseguir su integración y sincronización en los procesos de fabricación. Esta comunicación se consigue en el nivel más sencillo, a través de señales binarias de entrada y salida. Mediante ellas el robot puede decidir comenzar una determinada acción o indicar a un dispositivo externo que comience la suya.

Para el manejo de las salidas binarias el robot posee instrucciones de activación o desactivación de las mismas. En cuanto a las entradas, el robot tiene la capacidad de leerlas y controlar el flujo del programa en función de su valor, como esperas o saltos condicionados.

La utilización a mayor nivel de la comunicación del robot con su entorno lo constituye el empleo de comunicaciones mediante red local o conexión punto a punto. Esta comunicación permite integrar al robot en un sistema informático general controlando o supervisando su funcionamiento desde un computador externo.

Otra aplicación importante de las entradas-salidas del robot (ya sean digitales o análogas), es la integración de sensores, incorporando la información de éstos al desarrollo de la tarea. Los sensores permiten ante todo realizar determinadas aplicaciones en un entorno no conocido de forma total sin tener que utilizar herramientas especiales. La información proporcionada por los sensores puede utilizarse en la programación de robots de distintas maneras, como por ejemplo modificar la trayectoria, elegir entre varias alternativas, obtener la identidad y posición de objetos y sus características y cumplir con restricciones externas.

### 5.2.5 Control del Movimiento del Robot

Un método de programación de robots debe incluir la posibilidad de especificar el movimiento del robot. Además del punto de destino, puede ser necesario especificar el tipo de trayectoria espacial que debe ser realizada, la velocidad media de recorrido o la precisión con que se debe alcanzar el punto de destino. En algunos casos es necesario indicar si el movimiento se debe realizar en cualquier caso o si debe estar condicionado a algún tipo de circunstancia, por ejemplo alguna medida proporcionada por un sensor.

Las trayectorias de un robot pueden ser punto a punto, coordinado o trayectoria continua, este último caso incluye la línea recta, interpolación circular y otras.

En relación a la especificación de la velocidad, ésta suele ser indicada en la propia instrucción de movimiento como tanto por ciento de una velocidad base definida aparte, de esta manera resulta fácil alterar la velocidad de todo el programa o de una parte de él sustituyendo una sola instrucción.

En muchas ocasiones, el movimiento del robot en un entorno con obstáculos obliga a la utilización de una trayectoria de línea recta, para asegurar que el robot no colisione con ellos. Sin embargo, muchos sistemas de programación disponen de los denominados puntos de paso o vía points, para resolver este tipo de situaciones.

El control del robot, recibe las referencias de posición procedentes del programa, no admitiendo una nueva referencia hasta que el robot no alcanza la referencia en vigor con la precisión indicada. De esta manera, si la precisión se define como baja, el extremo del robot se encaminará hacia la siguiente configuración sin haber llegado a la anterior y sin tener que disminuir apenas su velocidad. El resultado final es que el movimiento gana en continuidad y velocidad a costa de perder una precisión innecesaria en esos puntos de paso.

La consideración de las señales captadas por los sensores en la especificación de los movimientos del robot, puede hacerse a varios niveles. La primera posibilidad responde a la interrupción del movimiento del robot por verificarse algún tipo de condición externa programada, esto se denomina movimiento protegido o monitorizado. La segunda alternativa,

implica la modificación del movimiento, en cuanto a la situación de destino o la velocidad, según la información captada del entorno, de esta manera el movimiento del extremo del robot queda alterado, adaptándose a las necesidades de un entorno cambiante o parcialmente indeterminado, estos movimientos se conocen como acomodaticios.

### **5.2.6 Control del flujo de ejecución del programa**

Al igual que en cualquier lenguaje de programación de propósito general, un lenguaje de programación de robots permite al programador especificar de alguna manera un flujo de ejecución de operaciones. Se emplean para ello las estructuras habituales de bucles (for, repeat, while, etc). También es importante la capacidad de procesamiento en paralelo, tanto para el control de varios robots trabajando conjuntamente bajo las órdenes de un solo programa, como para el control de un único robot en una celda de trabajo cuyos equipos se encuentran igualmente bajo el control del programa del robot.

Es importante para la mayoría de las aplicaciones tener un control de interrupciones mediante las cuales distintos equipos en funcionamiento puedan interactuar con el robot. Se debe poder fijar la prioridad en el tratamiento de las mismas, así como activarlas y desactivarlas durante la ejecución de diversas fases del programa.

## **5.3 Criterios de implantación de un robot industrial**

Un robot industrial forma parte de un proceso de fabricación que incluye muchos otros equipos. El robot, parte principal de la denominada célula de trabajo robotizada, debe en general interactuar con otras máquinas, formando parte de una estructura de fabricación superior.

### **5.3.1 Diseño y Control de una Célula Robotizada**

El proyecto e implantación de un sistema robotizado implica la consideración de un gran número de factores, aunque van desde el posible rediseño del producto, hasta la definición detallada del lay-out o plano de implantación del sistema.

Además de la selección del robot, hay que definir y diseñar los elementos periféricos pasivos (mesas, alimentadores, utillajes, etc.) o activos (manipuladores secuenciales, máquinas CN, etc.) que intervienen en la célula y situarlos físicamente en el sistema.

También se debe definir y seleccionar la arquitectura de control, tanto hardware como software, que todo sistema flexible de fabricación debe incluir.

La definición del lay-out del sistema es un proceso iterativo del cual debe resultar la especificación del tipo y número de robots a utilizar, así como también de los elementos periféricos, indicando la posición relativa de éstos. En este proceso es importante la experiencia del equipo técnico responsable del diseño. Sistemas CAD, simuladores específicos para robots y simuladores de sistemas de fabricación flexible facilitan esta tarea.

Un simulador de sistemas robotizados permite evaluar las diferentes alternativas en cuanto al robot a utilizar y la disposición física de todo el sistema. Utilizando la interacción gráfica, se puede analizar qué robot de los existentes en la librería del programa se adapta mejor a la tarea programada, detectando posibles colisiones y verificando el alcance. Un simulador de sistemas de fabricación flexible permite dimensionar en forma adecuada la célula, entregando información sobre productividad, rendimiento y comportamiento ante cambios de la demanda o situaciones imprevistas. También permite ensayar diferentes estrategias de control de la célula encaminada a optimizar su funcionamiento.

### 5.3.2 Disposición del robot en la célula de trabajo

Al momento de decidir la disposición en la célula, hay que plantearse cuatro situaciones básicas:

A. Robot en la Célula: El robot se sitúa de manera de quedar rodeado por el resto de elementos que intervienen en la célula. Se trata de una disposición típica para robots de estructura articular, polar, cilíndrica o SCARA.

La disposición del robot en el centro se usa frecuentemente en aquellas aplicaciones en las que un robot sirve a una o varias máquinas, en aplicaciones de soldadura al arco, o ensamblado, donde el robot debe alcanzar diversos puntos fijos dentro de su área de trabajo.

B. Robot en Línea: Es la más adecuada cuando uno o varios robots deben trabajar sobre elementos que llegan en un sistema de transporte.

El ejemplo más representativo de esta disposición son las líneas de soldadura de carrocerías de vehículos, donde éstos pasan secuencialmente frente a distintos robots alineados, donde cada uno realiza una serie de puntos de soldadura.

El transporte es de tipo intermitente o continuo. En el primer caso, en un momento determinado cada robot tiene delante una pieza sobre la que debe realizar las operaciones establecidas. Una

vez terminadas, se espera a que todos los robots finalicen sus tareas, para que entonces el sistema de transporte avance un puesto, o bien, si el sistema lo permite, da salida a la pieza, quedando disponible para recibir una nueva. Si el transporte es continuo, es decir, si las piezas no se detienen delante del robot, éste debe trabajar sobre la pieza en movimiento, para lo cual el transporte debe limitar su velocidad de modo que la pieza quede dentro del alcance del robot durante al menos el tiempo ciclo.

C. Robot Móvil: En ocasiones es útil disponer al robot sobre una vía que permita su desplazamiento lineal de manera controlada. Esto, permite, por ejemplo, seguir el movimiento de la pieza en el caso de que ésta se desplace sobre un sistema de transporte continuo, de modo que la posición relativa entre pieza y robot durante el proceso se mantenga fija. Cuando termina el procesamiento de la pieza el robot debe regresar rápidamente a su posición inicial para recibir una nueva.

Otra situación donde resulta ventajoso el empleo del robot con capacidad e desplazamiento lineal es cuando éste debe cubrir un amplio campo de acción, por ejemplo, en la pintura de carrocerías de coches, el dotar al robot con este grado de libertad adicional permite que dos robots de dimensiones medias (2 metros de radio de alcance aproximadamente) lleguen con la orientación adecuada a todos los puntos de proyección correspondientes a un coche.

También esta disposición del robot puede utilizarse cuando éste tiene que dar servicio a varias máquinas, por ejemplo, para carga – descarga de máquinas herramientas, obteniendo el máximo rendimiento del robot.

D. Robot Suspendido: Es la típica de un robot tipo pórtico, en la que el éste queda situado sobre el área de trabajo. Pero, además de esta estructura de robot, es posible colocar un robot articular invertido sobre la célula, donde se obtiene un mejor aprovechamiento del área de trabajo, ya que, el robot puede acceder a puntos situados sobre su propio eje vertical.

Las operaciones típicas donde se utiliza el robot suspendido son en aplicación de adhesivos o sellantes, proyección de material (pintura, acabado superficial, etc), corte (chorro de agua, láser, etc) y soldadura al arco.

### 5.3.2.1 Características del sistema de control de la célula de trabajo

Una célula robotizada debe responder a las premisas de flexibilidad y automatización que justifican su empleo. Para ello es imprescindible el establecimiento de un buen sistema de control que deberá realizar entre otras, las siguientes funciones:

- **Control Individual** de cada una de las máquinas, transportes y demás dispositivos, incluidos robots que compongan la célula.
- **Sincronización** del funcionamiento de los diferentes dispositivos entre sí.
- **Detección, tratamiento y recuperación** si es posible de las situaciones anómalas de funcionamiento que puedan presentarse.
- **Optimización del funcionamiento** conjunto de los dispositivos de la célula, distribuyendo si es posible las funciones de manera dinámica, para así evitar paradas por espera o acciones innecesarias.
- **Interfaz con el usuario**, mostrando la información adecuada para que en todo momento se conozca con el detalle necesario el estado del sistema, así como permitiendo que el operador acceda, con las restricciones pertinentes, al funcionamiento del mismo.
- **Interfaz con otras células**, para permitir la sincronización entre ellas, optimizando el funcionamiento de un sistema de fabricación flexible compuesto por varias células.
- **Interfaz con un sistema de control superior** que realiza básicamente funciones de supervisión y actualización de programas cuando se diese un cambio en la producción.

Estas funciones, que pueden ser necesarias en mayor o menor medida en el control de una célula robotizada, se implementan en un hardware que es preciso definir y dimensionar.

### 5.4 Características a considerar en la selección de un robot

Cuando se desea robotizar un determinado proceso, el equipo de técnicos responsables de esta tarea debe seleccionar el robot más adecuado. Para ello se recurre a la experiencia y buen criterio, escogiendo del amplio mercado de robots existentes, aquel que mejor responda a las características necesarias y buscando la mejor relación entre precio y prestaciones.

Las características más importantes que se deben considerar al momento de seleccionar un robot para una determinada aplicación son las siguientes:

### 5.4.1 Área de Trabajo

El área de trabajo o campo de acción es el volumen espacial al que puede llegar el extremo del robot. Este volumen está determinado por el tamaño, forma y tipo de los eslabones que integran el robot, y también por las limitaciones de movimiento impuestas por el sistema de control. Nunca se debe utilizar el efector colocado en la muñeca para obtener el espacio de trabajo, ya que se trata de un elemento añadido al robot.

En los catálogos suministrados por los fabricantes se indica el área de trabajo mediante un dibujo acotado, y si la información es de tipo numérica se indica mediante un rango de recorrido de cada articulación.

El robot se debe elegir, de manera que su área de trabajo le permita llegar a todos los puntos necesarios para llevar a cabo su tarea. No se debe olvidar la necesidad de incluir entre los puntos, aquellos de recogida de piezas, mesa de trabajo, puntos de salida de piezas, etc.

El que el robot pueda acceder a todo el espacio de trabajo no significa que lo pueda hacer en cualquier orientación. Existirán un conjunto de puntos, los más alejados y los más cercanos, que únicamente se podrán acceder con unas orientaciones determinadas, mientras que otros puntos admitirán cualquier orientación.

No basta con considerar de que los puntos necesarios queden dentro del campo del acción, sino también se debe verificar que una vez situados los demás componentes de la célula, el robot no colisiones con ellos al efectuar sus movimientos.

### 5.4.2 Grados de Libertad

El número de grados de libertad con que cuenta un robot determina la accesibilidad de éste y su capacidad para orientar su herramienta terminal. Es frecuente que el número de grados de libertad de los robots comerciales coincida con el número de articulaciones, es decir, que cada articulación representa un grado de libertad.

La elección del número de grados de libertad necesarios viene determinado por el tipo de aplicación. En operaciones de manipulación, los objetos se recogen y depositan sobre planos horizontales, donde un robot con 3 GDL para posicionar y uno más para orientar es suficiente. Sin embargo, en otras aplicaciones es necesario orientar la herramienta en el espacio o

acceder a posiciones complicadas siendo preciso 6 o más GDL. Estas aplicaciones pueden ser pintura, soldadura al arco o la aplicación de sellantes.

Con cierta frecuencia los fabricantes de robots proporcionan un número determinado de grados de libertad ampliables de manera opcional. Este grado extra se añade al robot en unos casos en su extremo y en otros en su base.

### 5.4.3 Precisión, repetitividad y resolución

Las ventajas del robot frente a otras máquinas se basan además de en la flexibilidad y velocidad, en el bajo error de posicionamiento con el que realizan su trabajo. Para definir este error es necesario tener presente tres conceptos complementarios entre sí: precisión, repetitividad y resolución. El dato que generalmente es suministrado por el fabricante es el de repetitividad y éste es utilizado a la hora de seleccionar un robot u otro por su exactitud.

Resolución: Mínimo incremento que puede aceptar la unidad de control del robot. Su valor está limitado por la resolución de los captadores de posición y convertidores A/D y D/A, por el número de bits con los que se realizan las operaciones aritméticas en la CPU y por los elementos motrices, si éstos son discretos.

Precisión: Distancia entre el punto programado y el valor medio de los puntos realmente alcanzados al repetir el movimiento varias veces con carga y temperatura nominales. Su origen se debe a errores en la calibración del robot, deformaciones por origen térmico y dinámico, errores de redondeo en el cálculo de la transformación cinemática, errores entre las dimensiones reales y teóricos del robot, etc.

Repetibilidad: Radio de la esfera que abarca los puntos alcanzados por el robot tras suficientes movimientos, al ordenarle ir al mismo punto de destino programado, con condiciones de carga, temperatura, etc, iguales. El error de repetibilidad se debe a problemas de transmisión como rozamientos, histéresis, zonas muertas.

Los valores normales de error de repetibilidad de robots industriales comerciales varían entre los  $\pm 2$  milímetros y  $\pm 0.01$  milímetros.

En el valor total del error de posicionamiento de un robot, influyen una serie de factores, como la longitud de sus brazos, carga manejada, tipo de estructura, que pueden dar una idea general sobre la calidad del posicionamiento final de su extremo.

Otras medidas relativas a los posibles errores de posición de un robot son las relacionadas con la precisión con que un robot, que disponga de capacidad para ello, recorre una determinada trayectoria programada, por ejemplo una línea recta.

#### **5.4.4 Velocidad**

La velocidad a la que puede moverse un robot y la carga que transporta, están inversamente relacionadas. Debido a esto es que en muchas ocasiones los datos proporcionados por los catálogos sobre la velocidad de movimiento del robot se dan en relación a diferentes valores de carga a transportar.

La velocidad de movimiento de un robot puede darse por la velocidad de cada una de sus articulaciones o por la velocidad media de su extremo.

En la práctica, en la mayoría de los casos los movimientos del robot son rápidos y cortos, con lo que la velocidad nominal es alcanzada en contadas ocasiones. Por este motivo, la medida del tiempo de ciclo no se puede obtener a partir de la velocidad, siendo ésta una valoración cualitativa del mismo. En vez de este dato, algunos robots indican el tiempo empleado en realizar un movimiento típico.

Los valores habituales de velocidad del extremo oscilan entre 1 y 4 m/s con carga máxima.

#### **5.4.5 Capacidad de Carga**

La capacidad de carga del robot viene condicionada por el tamaño, la configuración y el sistema de accionamiento del propio robot. Por otro lado, al evaluar la carga a manipular por el robot se debe considerar el peso de las piezas a manipular y el propio peso de la herramienta o pinza que emplee el robot colocada sobre la muñeca.

El dato que normalmente se proporciona en la hoja de características del robot, corresponde a la carga nominal que éste puede transportar sin que disminuyan sus prestaciones dinámicas y considerando la configuración del robot más desfavorable. Sin embargo, es posible aumentar esta carga hasta un cierto límite, siempre que se admita una disminución en la velocidad de los movimientos del robot e incluso en su precisión.

Los valores más frecuentes de capacidades de carga varían entre 5-50 kg, aunque se pueden encontrar robots que transportan más de media tonelada.

### 5.4.6 Sistema de Control

La potencia de la unidad de control del robot determina en gran medida sus posibilidades. Las características del control del robot hacen referencia por una parte a sus posibilidades cinemáticas y dinámicas y por otra parte a su modo de programación.

En cuanto a las posibilidades cinemáticas es muy importante tener en cuenta la aplicación a realizar. A veces es suficiente con un control del movimiento punto a punto, donde sólo es relevante el punto final a alcanzar por el robot y no el camino seguido. En otras aplicaciones, es fundamental la trayectoria continua descrita por el extremo del robot (soldadura al arco).

Las características del control dinámico del robot, como velocidad de respuesta y estabilidad, son de particular importancia cuando éste debe manejar grandes pesos con movimientos rápidos. En estos casos, un buen control dinámico asegura que el extremo del robot no presente oscilaciones ni errores de posicionamiento.

Normalmente, las prestaciones del control dinámico no son indicadas explícitamente como una característica a conocer por el usuario.

Las características relacionadas con el método de programación y las posibilidades que éste ofrece, puede decirse que una primera división entre programación por guiado y programación textual es suficiente como para decidirse sobre el empleo de un robot u otro para una determinada aplicación.

Otras características relacionadas con el modo de programación son las relativas al manejo de entradas salidas, posible estructuración de los programas, posibilidad de programación y control desde un dispositivo externo, etc.

Es importante considerar el servicio técnico que proporciona el fabricante, también el costo y posibilidad de amortización del robot, ya que, uno más barato y con menos prestaciones puede resolver en forma correcta la aplicación, pero difícilmente se adaptará a otras aplicaciones futuras.

### 5.4.7 Seguridad en instalaciones robotizadas

La seguridad y prevención de accidentes es un aspecto crítico durante el desarrollo y explotación de una célula robotizada. Las consideraciones sobre la seguridad del sistema robotizado cobran importancia por dos razones. En primer lugar, por el motivo intrínseco de que el robot, posee mayor índice de riesgo a un accidente que otra máquina de características similares. En segundo lugar, por un aspecto de aceptación social del robot dentro de la fábrica, aceptación difícil por lo general hoy en día.

### 5.4.8 Causas de Accidentes

Para prevenir los posibles accidentes ocasionados por los robots, hay que comenzar por detectar qué tipo de accidentes se producen, para después analizar el por qué se originan y determinar cómo pueden evitarse.

Hay una serie de circunstancias que aumentan el nivel de riesgo en el caso de los robots. Además el hecho de que el robot trabaja en muchas ocasiones en ambientes de alto riesgo de accidente contribuye a aumentar la probabilidad y gravedad del éste.

Los tipos de accidentes provocados por robots industriales, además de los ocasionados por causas tradicionales (electrocuciones al instalar o reparar el equipo, quemaduras, etc.) son debido a:

- Colisión entre robots y hombre
- Aplastamiento al quedar atrapado el hombre entre el robot y algún elemento fijo.
- Proyección de una pieza o material transportado por el robot.
- Un mal funcionamiento del sistema de control
- Acceso indebido de personal a la zona de trabajo del robot
- Errores humanos de los operarios en las etapas de mantenimiento, programación, etc.
- Rotura de partes mecánicas por corrosión o fatiga
- Liberación de energía almacenada
- Sobrecarga del robot
- Medio ambiente o herramienta peligrosa

Estas causas son agravadas por la gran velocidad con la que los robots pueden realizar sus movimientos, además de su elevada energía estática y dinámica.

## **5.5 Medidas de Seguridad**

Es importante considerar que según estudios realizados por el Instituto de Investigación de Seguridades en el trabajo de Tokyo, el 90% de los accidentes en líneas robotizadas ocurren durante las operaciones de mantenimiento, ajuste, programación, etc., mientras que sólo el 10% ocurre durante el funcionamiento normal de la línea.

La seguridad en sistemas robotizados presenta, por lo tanto, dos perspectivas: aquella que se refiere a la seguridad intrínseca al robot y que es responsabilidad del fabricante; y aquella que tiene que ver con el diseño e implantación del sistema y su posterior utilización, programación y mantenimiento, responsabilidad del usuario.

En este sentido, se ha desarrollado la normativa europea EN 775, que además de proporcionar a diseñadores y fabricantes un marco de trabajo que les ayude a producir máquinas seguras en su utilización, presenta una estrategia de trabajo para el desarrollo y selección de medidas de seguridad. Esta estrategia comprende las siguientes consideraciones:

- Determinación de los límites del sistema: intención de uso, espacio y tiempos, etc.
- Identificación y descripción de todos aquellos peligrosos que pueda generar la máquina durante las fases del trabajo. Se deben incluir los riesgos derivados de un trabajo conjunto entre la máquina y el operador y los riesgos derivados de un mal uso de la máquina.
- Definición del riesgo de que se produzca el accidente. Se definirá probabilísticamente en función del daño físico que pueda producir.
- Comprobar que las medidas de seguridad son adecuadas.

La selección de las medidas de seguridad viene definida por las siguientes consideraciones.

### **5.5.1 Medidas de seguridad a tomar en la fase de diseño de la célula robotizada**

En el establecimiento del lay-out de la célula se debe considerar la utilización de barreras de acceso y protecciones que minimicen el riesgo de aparición de un accidente.

En forma general se pueden nombrar las siguientes:

Barreras de Acceso a la Célula: Se debe disponer barreras entorno a la célula, que impidan el acceso a personas.

Dispositivos de Intercambio de Piezas: En caso que el ordenador deba poner/recoger piezas situadas dentro del área de trabajo del robot, se deben utilizar dispositivos que permitan realizar estas acciones a distancia, utilizando por ejemplo mesas giratorias.

Movimientos Condicionados: En el caso de que durante el funcionamiento de la célula el operario deba entrar en determinados momentos dentro del campo de acción del robot, se debe programar a éste de manera que no efectúe movimiento alguno durante esos instantes.

Zonas de Reparación: Se debe prever la existencia de zonas de reparación y mantenimiento. En estas se asegura mediante dispositivos que el robot no realizará movimientos de manera automática.

Condiciones Adecuadas en la Instalación Auxiliar: Sistema eléctrico con protecciones, aislamientos, etc., sistemas neumáticos o hidráulicos correctos.

### **5.5.2 Medidas de seguridad a tomar en la fase de instalación y explotación del sistema**

Por otra parte, durante la utilización del sistema y especialmente durante las fases de instalación y puesta en marcha, deben respetarse de manera rigurosa determinadas normas que reducen el riesgo de accidente.

También es importante que exista información en la propia planta de la posibilidad de esos riesgos, y que los operarios tengan la formación adecuada. Estas consideraciones se resumen en los siguientes puntos:

Abstenerse de entrar en la zona de trabajo: Durante la programación e implantación de la aplicación, se debe procurar permanecer dentro de lo posible, fuera del campo de acción del robot. Éste trabajará a velocidades lentas. Pero en cualquier caso se debe salir del área de

trabajo cuando el robot va a trabajar de manera automática, aun en fase de pruebas. Es conveniente que la fase de programación se realice con dos operarios, uno observando la marcha del proceso, estando dispuesto a accionar el paro de emergencia en caso de necesidad.

Señalización Adecuada: La célula debe estar dotada de una adecuada señalización del estado del robot o línea robotizada mediante señales luminosas y acústicas. Es aconsejable que antes de comenzar el ciclo de trabajo después de una parada se avise a través de una sirena e indicación luminosa. También a través de señales luminosa se avisará si el robot está funcionando y su potencial riesgo de accidente.

Prueba Progresiva del programa del Robot: El desarrollo y ejecución del programa del robot y de toda la célula debe hacerse con sumo cuidado. El programa debe ejecutarse primero a velocidad lenta y paso a paso, a continuación se puede ejecutar de manera continua, pudiéndose aumentar la velocidad de manera progresiva.

## **5.6 Normativa legal**

En relación a la normativa legal relativa a la instalación y empleo de robots, ésta ha sido escasa hasta principios de los años noventa.

En la actualidad, la normativa más relevante existente al respecto a nivel mundial es la siguiente:

- Normativa internacional ISO 10218:1992, la cual contiene la siguiente información; sección sobre el análisis de la seguridad, definición de riesgos, identificación de posibles fuentes de peligros o accidentes, sección sobre diseño y fabricación, que dedica un breve análisis al diseño de sistemas robotizados, teniendo en cuenta aspectos mecánicos, ergonómicos y de control.
- Normativa americana ANSI/RIA R15.06-1992, es relativamente breve, pero presenta algunas características importantes, como por ejemplo, la inclusión en el apartado sobre definición de riesgos de algunos epígrafes que tratan sobre la probabilidad de la aparición de un accidente y la severidad del posible daño físico a una persona, dependientes del nivel de experiencia del operador y la frecuencia en la que éste de encuentra en zona de peligro.

- Normativa europea EN 775 y española UNE- EN 775, la normativa EN 775 se ha desarrollado sobre la normativa internacional ISO 10218:1992, y la normativa española UNE- EN 775 incluye una serie de requisitos para mejorar la seguridad en las fases de diseño, utilización, reparación y mantenimiento de los robots industriales y de la células de trabajo robotizadas.

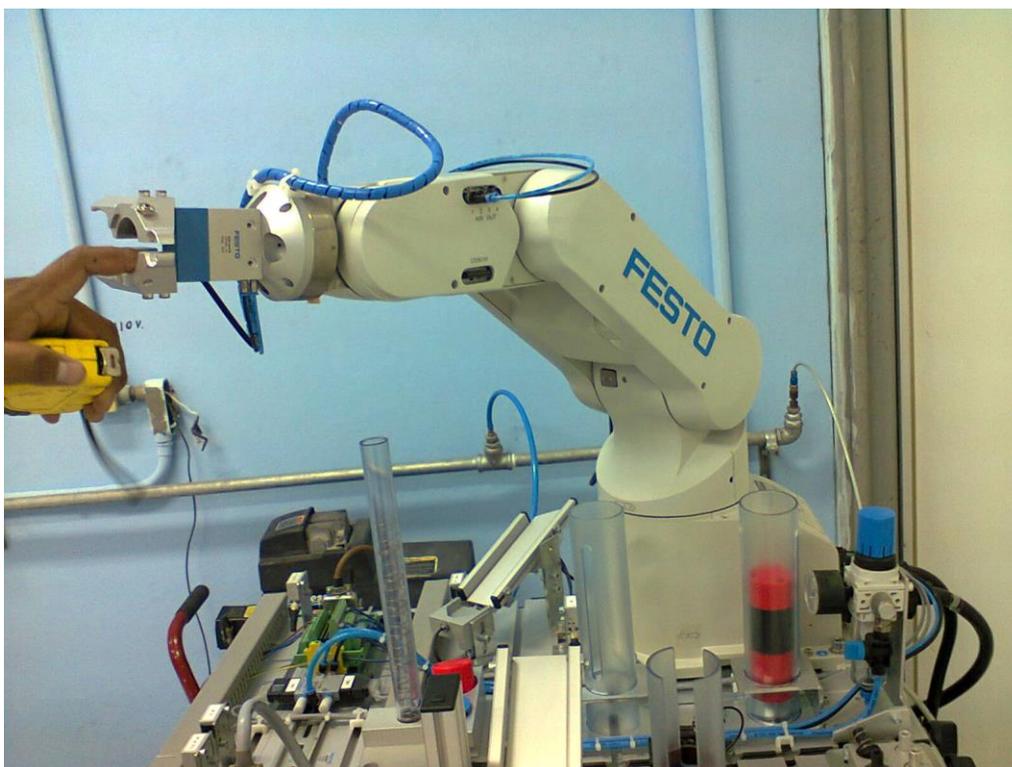
## CAPÍTULO 6

### Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

#### 6.1 Brazo Robot industrial Mitsubishi RV-2AJ

El Brazo Robot industrial Mitsubishi RV-2AJ del laboratorio de automatización y control del departamento de metal mecánica del ITTG correspondientes de acuerdo a los manuales posee las siguientes características:

- Número de ejes:5
- Carga máx. (nom.): 2,5 (2) kg
- Alcance brida de pinza:482 mm
- Repetibilidad:±0,02 mm
- Velocidad máx:2.100 mm/seg



14 Figura 6.1 Brazo robótico industrial Mitsubishi RV-2AJ

## 6.2 Mesa de entrenamiento para brazo robot

Consiste en una herramienta didáctica para el entrenamiento del brazo robot y sus accesorios. En su primera parte se establecen las características mecánicas y limitaciones físicas del brazo robot, aquí se identifica los ejes que consta el brazo robot para sus movimientos. Luego se define las Características físicas y eléctricas del Controlador-USB, equipo electrónico necesario para manipular el brazo y los accesorios. Seguidamente se especifican los accesorios del sistema robótico. En la siguiente sección se presenta el ambiente de programación, que es el software requerido para programar el sistema. Un tema de gran importancia que se considera a continuación consiste de la seguridad. Esto es, las medidas de precaución que son necesarias considerar para evitar accidentes, protegiendo al operador y al sistema robótico.

Consiste en una herramienta didáctica para el entrenamiento del brazo robot y sus accesorios. La cual fue anteriormente diseñada tomando en cuenta los parámetros del brazo y las necesidades del mismo, cuenta con las siguientes características:

Medidas de la mesa:

Largo: 50 cm

Ancho: 25 cm

Espesor: 6 mm

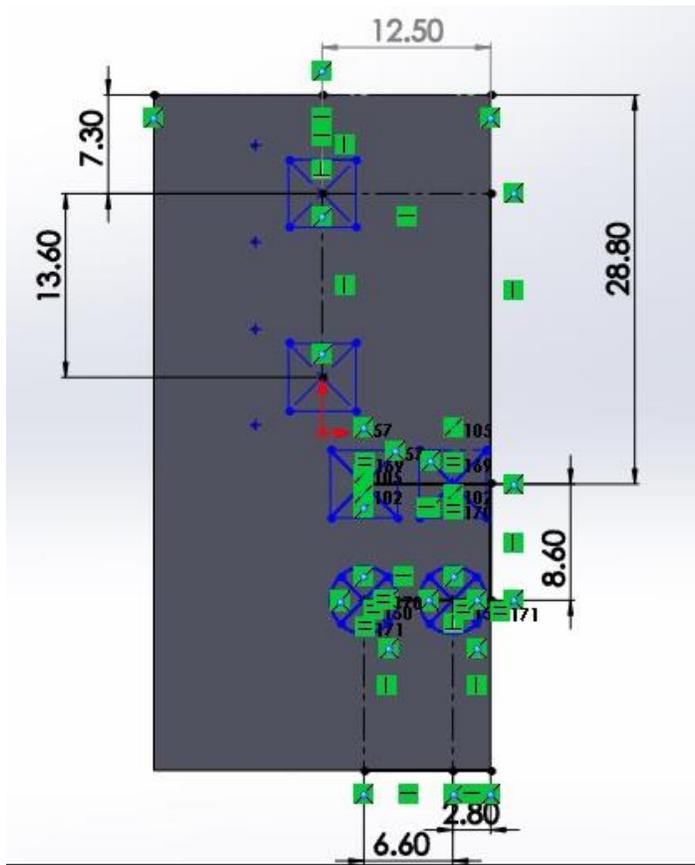
5 Tabla 6.1 sensores

Material	Geometría	Cantidad
1	1	1

:

6 Tabla 6.2 contenedores

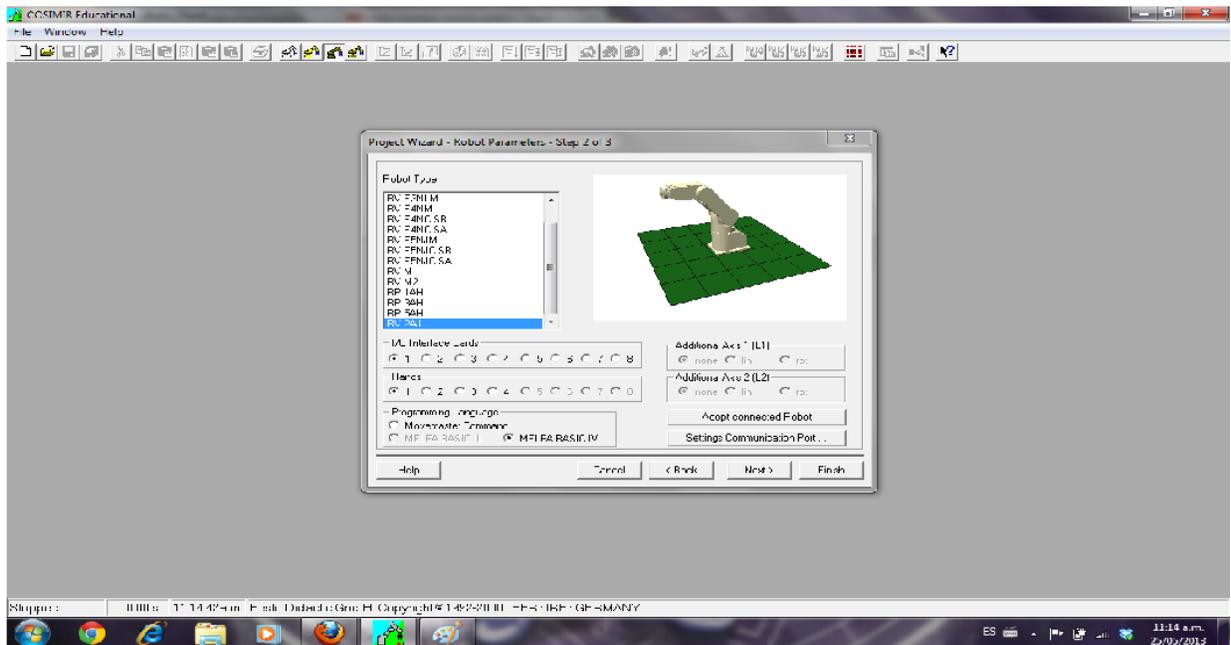
Contenedor de piezas	Censado de piezas	Cuadrados de metal	Cuadrados de madera	Círculos de metal	Círculos de madera	Altura
1	1	1	1	1	1	10 cm



15 Figura 6.2

### 6.3 Programación y Simulación del Brazo Robot industrial Mitsubishi RV-2AJ

El programa de COSIMIR es un software en el cual se puede aprender a operar y programar el brazo robótico RV-2AJ. Este programa cuenta con la facilidad de poder agregar o insertar cualquier objeto que en la industria se ocupa, en una palabra se podría construir una línea de ensamble con su simulación respectiva. Aunque también cuenta con ciertas desventajas como por ejemplo: si se inserta un objeto de trabajo y por algún descuido se deja levantado de la superficie de trabajo jamás podrá regresarlo a su posición inicial, otro caso muy común es que las personas que lo están utilizando agreguen más de los objetos que van a utilizar, al hacer esto jamás los podrán quitar, en este caso la única opción sería reiniciar nuevamente todo el programa.

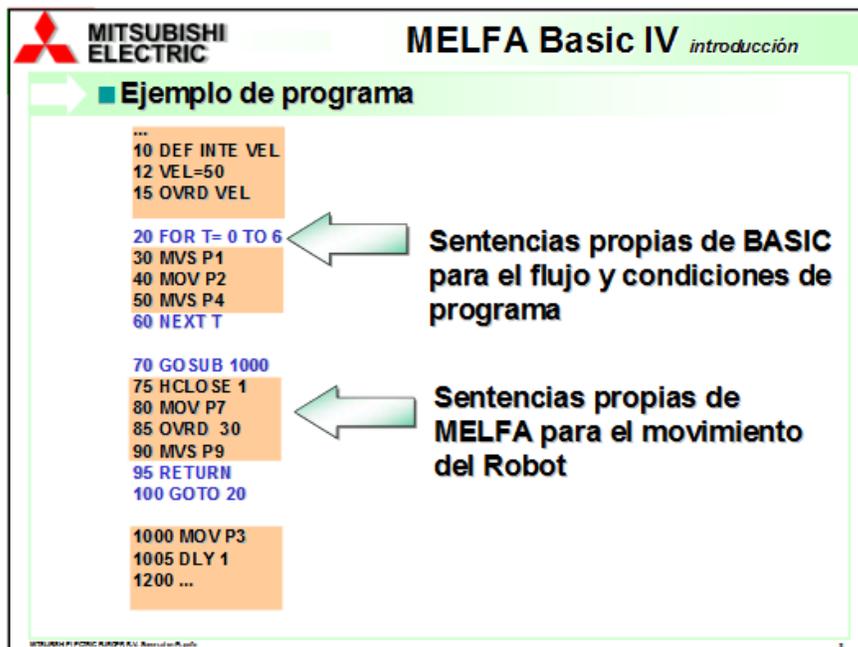


16 Figura 6.3

### 6.3.1 Lenguaje de programación

#### MELFA BASIC

- ✓ Programación estructurada
- ✓ En este lenguaje la programación se estructura como un conjunto de instrucciones cuyo flujo de proceso se realiza en un lenguaje BASIC estándar.
- ✓ El aspecto de un programa es un conjunto de instrucciones propias del sistema del robot entre sentencias ya conocidas del BASIC.
- ✓ Se obtiene así una forma intuitiva de programación, sencilla, incluso para aquellos usuarios con pocos conocimientos del mismo



17 Figura 6.3 MELFA BASIC

## 6.4 Interfaz del Brazo Robot industrial Mitsubishi RV-2AJ y la mesa de entrenamiento

En electrónica, telecomunicaciones y hardware, una interfaz es el puerto (circuito físico) a través del que se envían o reciben señales desde un sistema o subsistemas hacia otros. No existe una interfaz universal, sino que existen diferentes estándares (Interfaz USB, interfaz SCSI, etc.) que establecen especificaciones técnicas concretas (características comunes), con lo que la interconexión sólo es posible utilizando la misma interfaz en origen y destino. Así también, una interfaz puede ser definida como un intérprete de condiciones externas al sistema, a través de transductores y otros dispositivos, que permite una comunicación con actores externos, como personas u otros sistemas, a través de un protocolo común a ambos. Una interfaz es una Conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes.

### 6.4.1 Comunicación en serie y paralelo

Tras ver todo lo anterior, no pensemos que la pantalla o el teclado son la única manera de comunicarse con el exterior. Todo buen PC que se precie tiene una serie de puertos de entrada/salida para poder conectarse a otros periféricos. Los dos puertos principales de los que dispone el PC son los del tipo serie y paralelo, entre los que haremos una serie de distinciones:

- I. Los puertos serie siempre han sido bidireccionales, mientras que los puertos paralelos solo lo son los de última generación.
- II. En el puerto serie se transmite la información en serie, bit a bit, mientras que en el puerto paralelo la información pasa a través de 8 hilos simultáneamente, de manera que se transmite de byte en byte.
- III. El puerto paralelo es menos susceptible de ruidos e interferencias que el serie.
- IV. La comunicación por puerto serie exige menos conexiones que el paralelo.
- V. Mientras que el puerto paralelo funciona con niveles lógicos de 0v y +5v para cero y uno respectivamente, el puerto serie funciona a -12v y +12v para el cero y el uno.

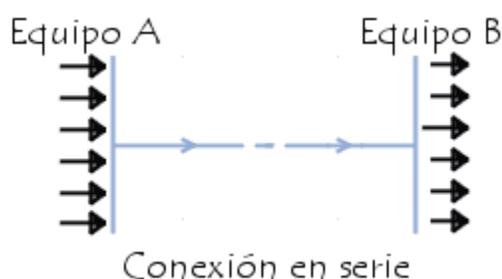
Estas diferencias irreconciliables entre los puertos serie y paralelo hacen que no sean compatibles entre sí, destinándose cada uno de ellos a unas funciones determinadas. De todas formas, existen adaptadores de niveles y señales que permiten la interconexión entre ellos sin problema alguno.

### 6.4.2 Comunicación en serie

Un puerto serie o puerto serial es una interfaz de comunicaciones de datos digitales, frecuentemente utilizado por computadoras y periféricos, donde la información es transmitida bit a bit enviando un solo bit a la vez, en contraste con el puerto paralelo que envía varios bits simultáneamente. La comparación entre la transmisión en serie y en paralelo se puede explicar usando una analogía con las carreteras. Una carretera tradicional de un sólo carril por sentido sería como la transmisión en serie y una autovía con

varios carriles por sentido sería la transmisión en paralelo, siendo los vehículos los bits que circulan por el cable

Los puertos seriales (también llamados RS-232, por el nombre del estándar al que hacen referencia) fueron las primeras interfaces que permitieron que los equipos intercambien información con el "mundo exterior". El término serial se refiere a los datos enviados mediante un solo hilo: los bits se envían uno detrás del otro (consulte la sección sobre transmisión de datos para conocer los modos de transmisión).



18 Figura 6.4 Conexión en serie

Originalmente, los puertos seriales sólo podían enviar datos, no recibir, por lo que se desarrollaron puertos bidireccionales (que son los que se encuentran en los equipos actuales). Por lo tanto, los puertos seriales bidireccionales necesitan dos hilos para que la comunicación pueda efectuarse.

La comunicación serial se lleva a cabo asincrónicamente, es decir que no es necesaria una señal (o reloj) de sincronización: los datos pueden enviarse en intervalos aleatorios. A su vez, el periférico debe poder distinguir los caracteres (un carácter tiene 8 bits de longitud) entre la sucesión de bits que se está enviando.

### 6.4.3 Comunicación en paralelo

Un puerto paralelo es una interfaz entre una computadora y un periférico, cuya principal característica es que los bits de datos viajan juntos, enviando un paquete de byte a la vez. Es decir, se implementa un cable o una vía física para cada bit de datos formando un bus. Mediante el puerto paralelo podemos controlar también periféricos como focos, motores entre otros dispositivos, adecuados para automatización.

El cable paralelo es el conector físico entre el puerto paralelo y el dispositivo periférico. En un puerto paralelo habrá una serie de bits de control en vías aparte que irá en ambos sentidos por caminos distintos.

En contraposición al puerto paralelo está el puerto serie, que envía los datos bit a bit por el mismo hilo.

## **6.5 Creación de la interfaz mediante COSIROP**

Este software es utilizado para desarrollar programas para robots, usando comandos como Movemaster o MELFA Basic entre otros. Para intercambiar estos programas entre la PC y el controlador del robot se utiliza una interface serial. En éstos programas se pueden crear listas de posiciones o cargarlos pudiendo editarlos para luego descargarlos nuevamente al controlador del robot. Esta Estación nos permite interactuar de forma directa con el robot para ejecutar los movimientos previamente simulados en la Estación COSIMIR.

## **6.6 Sensores**

Un sensor o captador, como prefiera llamársele, no es más que un dispositivo diseñado para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

### **6.6.1 Sensor inductivo**

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo.

### **6.6.2 Sensor fotoeléctrico**

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor. Todos los diferentes modos de censado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

## 6.7 Censado de piezas

Para la realización del censado de piezas se han de colocar un sensor inductivo modelo CPL-X10N para la detección del material de los objetos en cuestión y para la detección de la geometría de los mismos se trabajará con un sensor de tipo fotoeléctrico Modelo FB-307.

Características Sensor fotoeléctrico Modelo FB-307.

- Para la utilización en áreas limitadas.
- En lugares con campos eléctricos o magnéticos, estos no afectan la señal.
- En espacios donde hay altas temperaturas.
- Para la detección de objetos muy pequeños.
- Alimentación: 10 - 30 VDC.
- Rango de alcance: 10 cm.
- Sensibilidad ajustable.
- Cabezales de fibra óptica cambiables, puede instalarse un cabezal reflectivo o uno con transmisor y receptor separados.



19 Figura 6.5 Sensor Fotoeléctrico

Características del sensor inductivo CPL-X10N

- Salida: NPN
- Dirección de detección: Vertical
- Distancia de detección: 10 mm
- Voltaje: 10 – 30 VDC
- Objeto estándar de detección: Conductor eléctrico - medio
- Histéresis:  $\leq X 10\%$ ,  $\leq 10\%$  de distancia de

detección.

- Consumo:  $\leq 8$  mA sin carga
- Respuesta de frecuencia: 40 Hz.
- Corriente de salida: 250 mA Max
- Escape de corriente:  $\leq 1.1$  mA
- Voltaje residual:  $\leq 0.9$  VDC.
- Temperatura de operación:  $-20 \sim +70$  °C.
- Humedad de operación: 35 ~ 95% RH.



**20** Figura 6.6 Sensor inductivo

## **CAPÍTULO 7**

### **Conclusiones y recomendaciones**

#### **7.1 Conclusiones**

- a) Debido a que nunca se trabajó con el brazo robótico directamente y por lo tanto no se observó cómo funcionaba, muchos de los datos tomados sobre todo durante la colocación y distribución de los sensores en la mesa de entrenamiento y la simulación del mismo fueron supuestos, debido a que gran parte de los cálculos está en función de los movimientos y las válvulas de robot.
- b) Para poder realizar el proyecto muchos de los datos fueron tomados del manual del brazo y de la información teórica obtenida.
- c) Se considera que el presente proyecto sería un importante aporte al laboratorio de automatización y control ya que sería una herramienta didáctica muy útil para prácticas futuras además de mostrar otras actividades que es capaz de hacer el brazo robot pero sobre todo demostrar de los trabajos y áreas en los que se puede desempeñar un ingeniero mecánico.

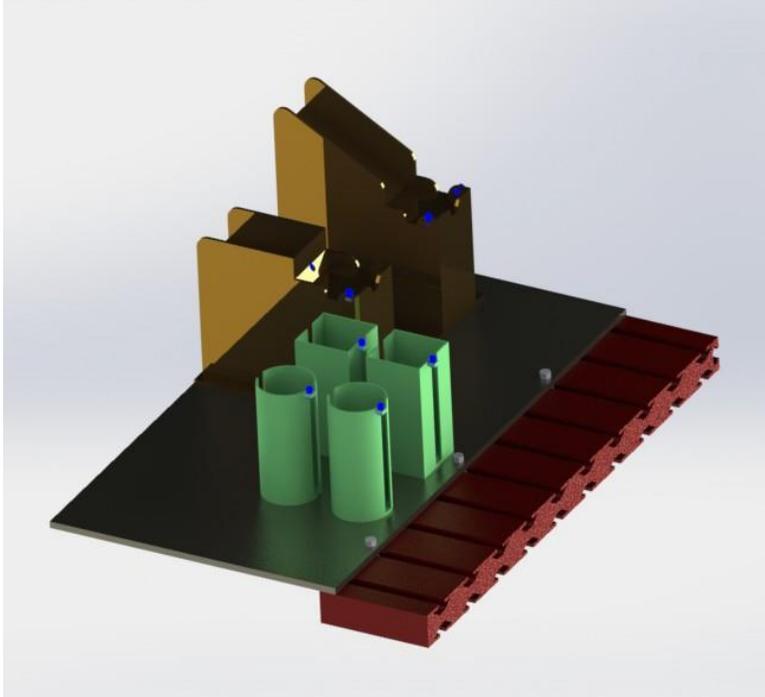
#### **7.2 Recomendaciones**

De acuerdo a las conclusiones anteriores se dan las siguientes recomendaciones:

- a) Utilizar materiales más adecuados en la construcción de la mesa de entrenamiento para el brazo, así como de los accesorios de la misma, con el fin de disminuir costos en el proyecto.
- b) Reconsiderar los sensores que se han de utilizar, pero tomando en cuenta las características de los antes considerados con el fin de disminuir costos.
- c) Aumentar el número de datos teóricos y experimentales de acuerdo al funcionamiento del brazo robot poniéndolo en marcha en el laboratorio de automatización y control para tener una mejor visión de la forma de trabajar del mismo y así poder lograr una simulación más exacta.

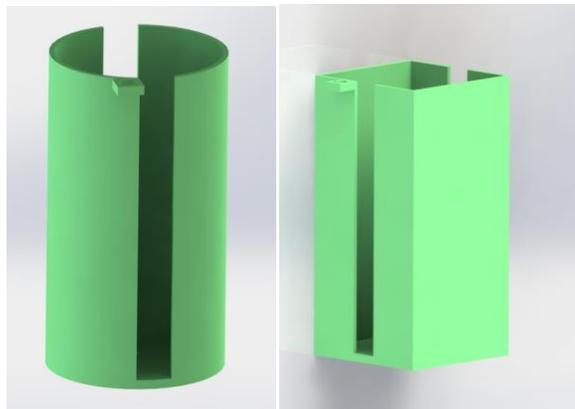
## CAPÍTULO 8

### Resultados del diseño del prototipo



21 Figura 8.1 Prototipo mesa de entrenamiento para brazo robótico industrial

### Depósitos de objetos después del censo

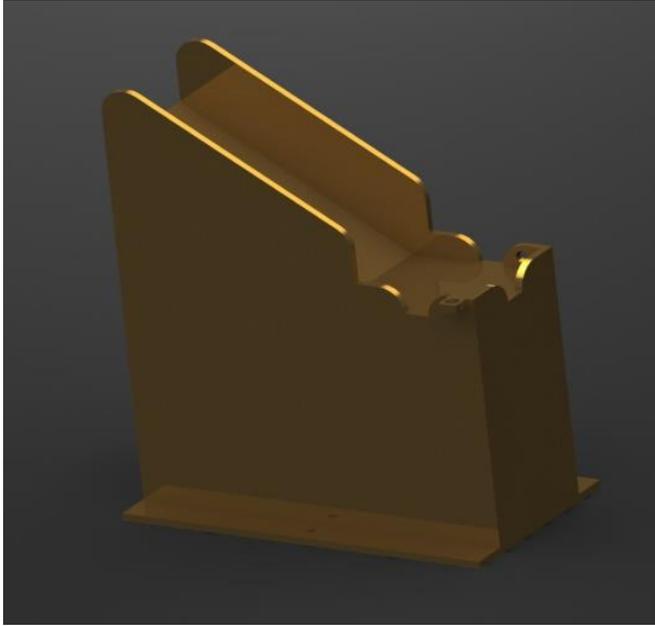


22 Figura 8.2 a) Depósito para objetos cilíndricos Depósito y para b) objetos con forma de cubos

a)

b)

### Contenedor de piezas



**23** Contenedor de piezas

### Censado de piezas



**24** Censado de piezas

# ANEXOS

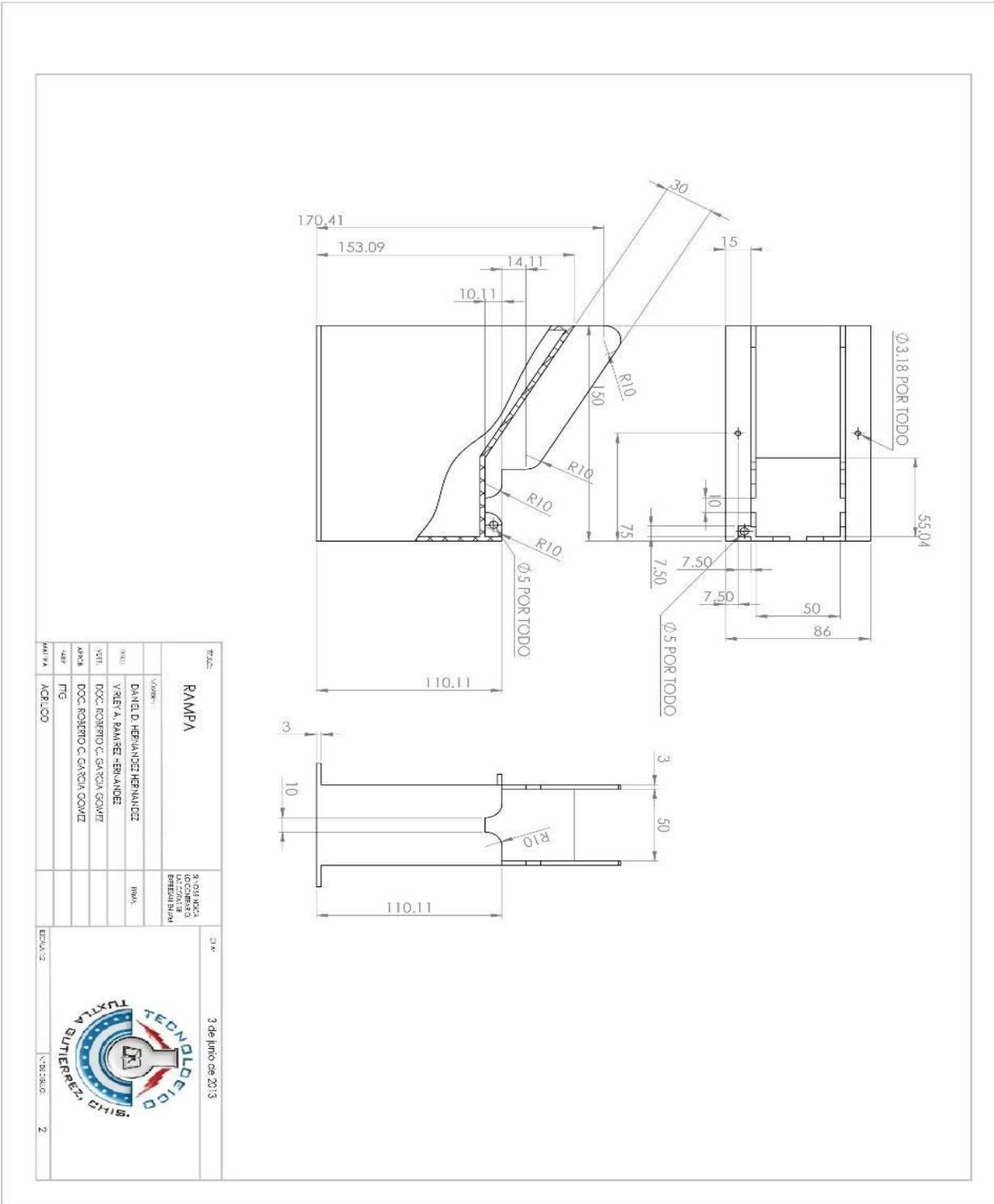
## Planos Técnicos del prototipo propuesto

### Plano 1

PIEZA	NOMBRE	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	Dibujo 2	1	Recibe la pieza para iniciar el proceso
2	Dibujo 3	1	Clasifica el material y forma de la pieza
3	Dibujo 4	1	Donde se colocan las piezas dependiendo su material metal o plastico
4	Dibujo 5	2	Donde se colocan las piezas dependiendo su material metal o plastico
5	Dibujo 6	2	Donde se colocan las piezas dependiendo su material metal o plastico
6	Tomillos de banco	3	Sujeta la mesa al la base del brazo
7	sensor de objeto	1	Detecta que hay una pieza para iniciar el proceso
8	sensor de material	1	Detecta el material de la pieza sea metal o plastico
9	sensor de forma	1	Detecta la forma de la pieza sea cuadrada o redondo
10	sensor de final de carrera	6	Dirige la posición de brazo robot
11	Tornillo de pieza	8	Sujeta los componentes

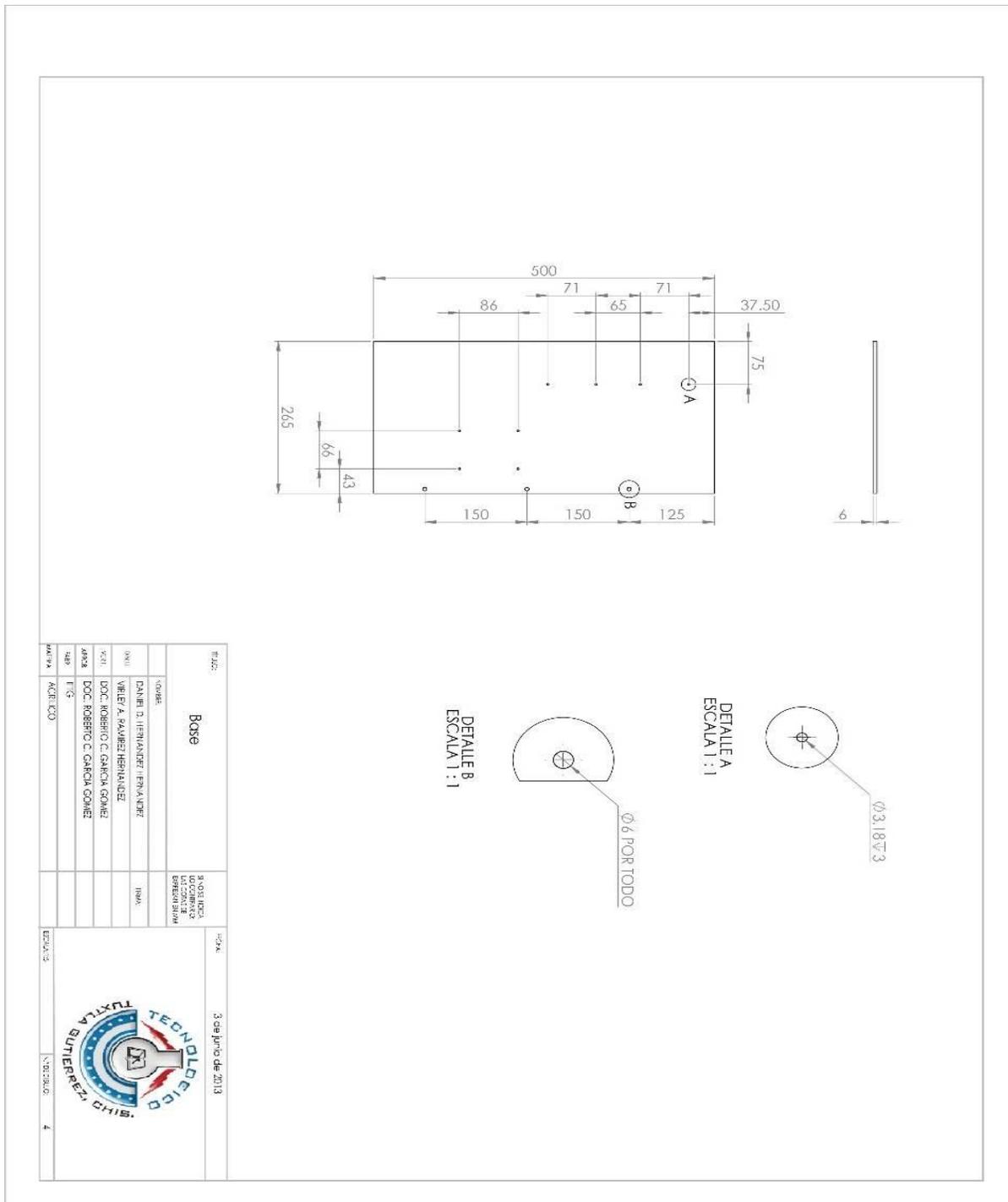
TITULO: <b>MESA PROTOTIPO</b>		FECHA: 3 de junio de 2013	
AUTOR: DANIEL D. HERNANDEZ HERNANDEZ		INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHI.	
DISEÑO: VIRLEY A. RAMÍREZ HERNÁNDEZ		INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHI.	
VERIFICACIÓN: DOC. ROBERTO C. GARCÍA GÓMEZ		INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHI.	
APROBACIÓN: DOC. ROBERTO C. GARCÍA GÓMEZ		INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHI.	
MATERIAL: ACRILICO		INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ, CHI.	

Plano 2



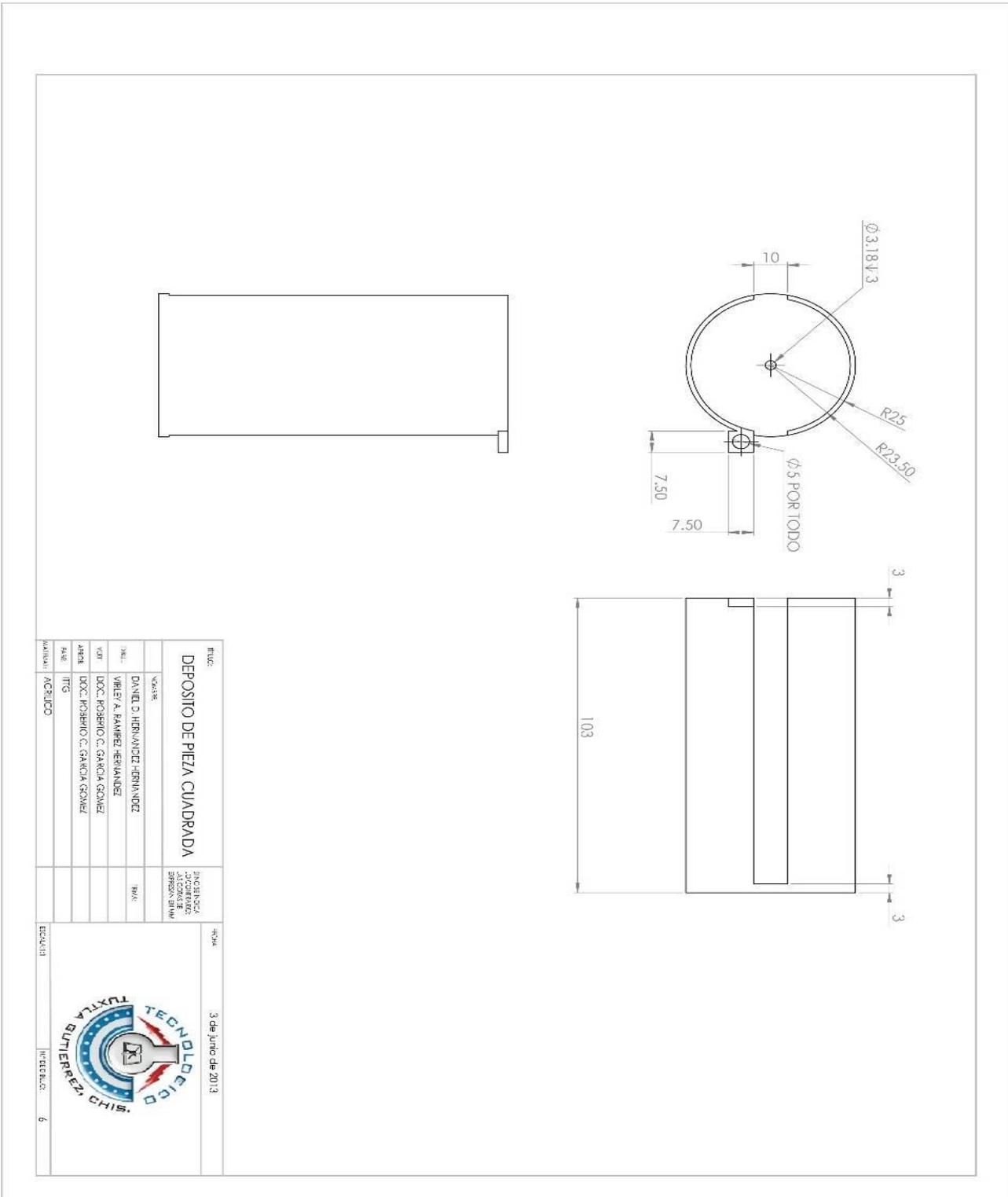


Plano 4





Plano 6



## Referencias bibliográficas y virtuales

[1] Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett “Diseño en ingeniería mecánica de shingley” novena edición, editorial Mc Graw Hill

[2] Eugene A. Avallone Theodore Baumeister III “Manual del ingeniero mecánico” novena edición, editorial Mc Graw Hill

[3] [http://www.ipplapampa.gov.ar/index.php?option=com\\_content&task=view&id=27&Itemid=24](http://www.ipplapampa.gov.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=27&Itemid=24)

[4] <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/disenodemaquinas/carpetadeapuntesdedisenodemaquinas/Tema%201%20Conceptos%20fundamentales.pdf>

[5] [http://www.ehowenespanol.com/fases-del-proceso-diseno-lista\\_46357/](http://www.ehowenespanol.com/fases-del-proceso-diseno-lista_46357/)

[6] <http://www.quedisenio.com/madera-de-haya-caracteristica/>

[7] <http://www.buenastareas.com/ensayos/Propiedades-Del-Acrylic/5419089.html>

[8] Materiales didácticos para brazos robot

[9] <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6906/1/Gu%C3%ADa%20de%20Laboratorio%20del%20Brazo%20Robot%20Scrobot%20ER%204u.pdf>

[10] Definición de robot industrial

[11] [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0708/archivos/\\_15/Tema\\_5.4.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.4.htm)

[12] Software de simulación

[http://revistas.concytec.gob.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-99932009000100005&lng=pt&nrm=is](http://revistas.concytec.gob.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-99932009000100005&lng=pt&nrm=is)

[13] Software simulación COSIROP

<http://www.slideshare.net/jvelasquezc/programacin-del-robot-mitsubishi-con-el-software-cosiroop>

[14] Manejo e información brazo robot

MITSUBISHI

Mitsubishi Industrial Robot

RV-1A/2AJ Series Instruction Manual

[15] Información mesa de entrenamiento

[16] [http://www.ceautomatica.es/old/actividades/jornadas/XXI/documentos/ja00\\_004/ja00\\_004.pdf](http://www.ceautomatica.es/old/actividades/jornadas/XXI/documentos/ja00_004/ja00_004.pdf)



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

INFORME TÉCNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL