



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
DE LA ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA

Proyecto: Separador de basura

INTEGRANTES DEL EQUIPO

- Jonathan Alejandro Alferez Torres
- Diego Hildebrando Ramirez Aguilera
- Juan Manuel Navarrete Díaz
- Alejandro Almaraz Quintero

Ingeniería Mecatrónica
Grupo: 8vo. A



Materias involucradas:

Ingenieria de control

Vision artificial

Dinamica de robots

Diseño de sistemas mecatronicos

Maestros:

Rosa Maria Razo Cerda

Carlos Enrique Moran Garabito

Introducción

En la actualidad, la contaminación es uno de los problemas más grandes a escala global, es una de las causas de muchas pérdidas en los ecosistemas. El calentamiento global es una de las muchas consecuencias que derivan de la contaminación, según diversos medios y artículos, apuntan que la contaminación se origina principalmente por las industrias. Y es que, recordemos que la contaminación se origina en el aire, agua y tierra, teniendo a la industria como principales contaminadores del aire y agua. Sin embargo, la población en general, también se une en la lista de contaminadores. Fuentes oficiales, aseguran que en México se produce más cantidad de desechos que China y Rusia; y es que en promedio cada mexicano genera 1.24 Kg de basura al día, es decir, 440 kg por año. En la ciudad de México, existe una población aproximada de 23 Millones de personas por lo que se genera cerca de 28.5 mil toneladas de basura al día aproximadamente. Los principales desechos generados son desechos de alimentos, componentes electrónicos, papel, plásticos, entre otros. Algunas estimaciones aseguran que el 90 por ciento de lo que tiramos puede reciclarse, siendo el plástico, cartón, vidrio y chatarra lo que más se recicla. Es por eso que para reducir los altos índices de contaminación en el mundo es necesario recurrir al reciclaje, sin embargo, la triste realidad es que en México solo se recicla el 2 por ciento de lo que se genera al día. Para lograr que el 90 por ciento de la basura generada se pueda reciclar es necesario que las personas recurran a la separación de desechos para que sea más eficiente el reciclaje, pero para lograrlo, se tendría que recurrir a las autoridades correspondientes para que se apliquen reglas y normas para lograrlo pero esto podría tardar muchos años y tal vez sea demasiado tarde. Los avances tecnológicos avanzan considerablemente para facilitar la vida de muchas personas, pero también podrían ayudar a resolver muchos de los problemas como lo son la inseguridad, la salud e incluso la contaminación ambiental. Es por eso que para lograr terminar con la problemática ambiental y lograr aumentar el reciclaje de los desechos, se podría implementar un sistema de separación de desechos para facilitar las labores de reciclaje, es por eso que este proyecto está enfocado a buscar una solución a la problemática de la contaminación que tanto afecta a los ecosistemas como a la población en general que sufre las consecuencias que este problema genera.

En este documento se presentan los conceptos fundamentales relacionados con los procedimientos del diseño en mecatrónica y de nuestro proyecto. En una forma sistemática se desarrolla un caso de estudio consistente en el diseño de una máquina de tecnología de punta. De esta manera, se plantean los criterios más importantes que se deben tomar en cuenta en todo el proceso. Así se establece que el punto de partida es el planteamiento del problema a través de ideas, las cuales se plasman en una serie de bocetos que servirán de base para definir y decidir por

la solución más factible. Se hace hincapié que desde el momento de trazar los bocetos se deben tener muy claras las dificultades a las que el diseñador estará expuesto, y que la mejor manera de enfrentar este problema es contar con una formación teórico-práctica integral. Con todo esto, se establece que la generación de prototipos virtuales representa una etapa muy importante, pues se simulan los movimientos y se pueden detectar posibles conflictos antes de pasar a procesos de manufactura de partes. También se enfatiza que el control sincronizado de los movimientos de una máquina robot tanto mecánica como electrónicamente a través de un diseño adecuado de software. Al conjugar todos los conceptos analizados en este documento, se incrementan las probabilidades de éxito en la creación de un diseño innovador.

Planteamiento del problema y necesidad del cliente

Podemos diseñar, y desarrollar, un dispositivo mecatrónico que permita la supervisión y control de basura para su mejor manejo y separación esto garantiza la ausencia de trabajo humano y mayor rapidez en el momento de la separación de basura.

El presente proyecto tiene como finalidad realizar la construcción de un robot tipo esférico y emplearlo a un propósito ambiental teniendo en cuenta mediante datos obtenidos en algunas fuentes, la importancia de utilizar la tecnología como un gran aliado para intentar detener las consecuencias resultantes de la contaminación que este genera, teniendo como objetivo principal desarrollar un sistema capaz de identificar y separar desechos que puedan ser reciclados, ya que los datos obtenidos en Internet consideran que el 90 por ciento de la basura generada puede ser reciclada, sin embargo, la separación de basura es un proceso lento y que muy pocas personas quieren realizar y la idea es que este robot cumpla y realice las labores de separación de desechos que muchas personas no quieren hacer y en un lapso de tiempo menor.

Capacidad de producción o de servicio

El robot prestará un servicio continuo y no tendrá problemas para continuar trabajando en un día normal de trabajo. Siempre y cuando cumpla con los servicios correspondientes y se use bajo las características de levantamiento de peso y velocidad, si son superadas estas características su uso se verá limitado.

Costo inicial de operación y mantenimiento estimado

Para los tipos de costo elaboramos distintas tablas para separar el tipo de costo que queremos enfocarnos.

Costo de construcción

Material	Costos en pesos
Actuador lineal	650
Motores	1200
Perfil Tubular Cuadrado	350
Base Madera	250
Pintura	120

Total \$2570

Costo del robot en funcionamiento

Robot construido	2570
Sensores de fin de carrera	135
Implementación de una cámara	700
Plc siemens 6ED1052-1CC01	3,400
Cables o conectores	200
Sensores de posición	150
Total	\$ 7,155

Mantenimiento

El mantenimiento es básico ya que solo se realizara cambio de aceite y se revisan que los motores funcionen correctamente y que la programación siga funcionando adecuadamente, todo esto tendrá un costo de aproximadamente 250 pesos mexicanos.

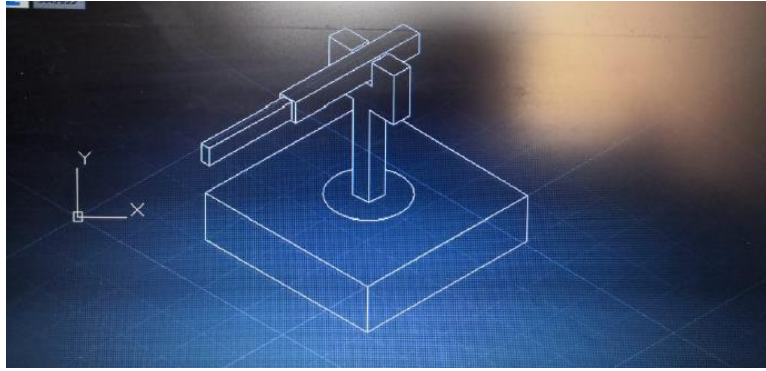
Dimensionamiento

El dimensionamiento es de un robot de 30cm de altura y capacidad para alargar un actuador en 50cm de ancho con una garra al final del mismo todo esto con un peso de 3.47 gr.

Actualmente, existen diversas herramientas que facilitan el desarrollo de elementos mecánicos, de una manera sencilla, y accesible, las cuales implican el proceso de elaboración de planos y bocetos que nos permitan tener una idea más acertada al resultado al que se desea llegar. En la ingeniería existen diversos softwares que nos permite realizar los planos y bocetos de una manera exacta, puesto que el software trabaja bajo altos estándares, con lo cual permiten al usuario diseñar en planos 2D y 3D la o las piezas que el usuario necesita.

Apariencia

La apariencia es primordial en nuestro proyecto así que optamos por un diseño limpio y ligero para poder realizar distintas funciones a lo largo de su vida.



Funciones del sistema mecatrónico o robótico

Para las funciones del robot se implementarán una serie de sistemas de control además de sensores y actuadores.

- los elementos estructurales, que confieren rigidez y estabilidad al robot.
- los elementos de transmisión y conversión del movimiento. Cambios en el eje o la dirección de rotación, ampliación/reducción de velocidad, etc.
- los elementos terminales, según la aplicación a la que se destine al robot (separar basura).
- los dispositivos auxiliares de entrada/salida, que permiten la comunicación del usuario con la unidad de control.
- los sistemas de alimentación, de tipo eléctrico, neumático o hidráulico.

Para asegurar que el robot sigue una determinada trayectoria y alcanza la posición final deseada en el instante preciso, deben conocerse la posición, la velocidad y la aceleración de los elementos que lo constituyen. Los sensores que proporcionan esta información y, en general, todos aquéllos que producen información sobre el estado interno del robot, se denominan sensores internos.

Por otra parte, en la mayoría de las tareas es necesario conocer datos del mundo que rodea al robot: distancias a objetos (o contacto con ellos), fuerza ejercida en las operaciones de prensión o ejercida por objetos externos (peso), etc. Esta información puede obtenerse con dispositivos muy variados, desde los más simples (micro interruptores) a los más complejos (cámaras de TV). Éstos se denominan sensores externos. Sin ellos, cualquier suceso inesperado podría bloquear o dañar al robot. Asimismo, la imprecisión que afecta a las magnitudes que intervienen en cualquier tarea (por ejemplo, el posicionado de piezas) malograría todo intento de ejecución fiable.

En la siguiente tabla se recogen algunos de los principales sensores utilizados en robótica:

Sensores internos	De posición	Eléctricos: potenciómetros, sincros y <i>resolvers</i> Ópticos: optointerruptores, codificadores absolutos e incrementales (<i>encoders</i>)
	De velocidad	Eléctricos: dinamos tacométricas Ópticos: con <i>encoder</i>
	Acelerómetros	
Sensores externos	De proximidad	De contacto: microinterruptores Sin contacto: resistivos, de efecto Hall, de fibra óptica, de ultrasonidos ...
	De tacto	De fotodetectores, de presión neumática, de polímeros (piel artificial) ...
	De fuerza	Por corriente en el motor, por deflexión de los dedos
	De visión	Cámaras de tubo, cámaras CCD

Nivel de operabilidad

Los PLC's han ganado popularidad en las industrias y probablemente predominando por algún tiempo, debido a las ventajas que ofrecen, académicamente puede ser usado una raspberry pi pero en términos industriales de eficiencia y trabajo la raspberry pi sale perdiendo en muchos factores por eso decidimos implementar un plc que tiene muchísimos años en el mercado y bastante confiabilidad.

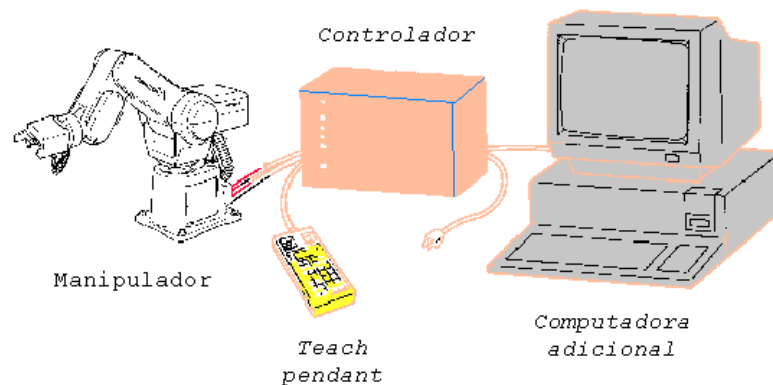
- Son un gasto efectivo para controlar sistemas complejos
- Son flexibles y pueden ser aplicados para controlar otros sistemas de manera rápida y fácil.
- Su capacidad computacional permite diseñar controles más complejos
- La ayuda para resolver problemas permite programar fácilmente y reduce el tiempo de inactividad del proceso.
- Sus componentes confiables hacen posible que pueda operar varios años sin fallas.
- Capacidad de entradas y salidas
- Monitoreo

Existen varios **grados de control** que son función del tipo de parámetros que se regulan, lo que da lugar a los siguientes tipos de unidades de control:

- **de posición:** el controlador interviene únicamente en el control de la posición del elemento terminal;
- **cinemático:** en este caso el control se realiza sobre la posición y la velocidad;

- **dinámico:** además de regular la velocidad y la posición, controla las propiedades dinámicas del manipulador y de los elementos asociados a él;
- **adaptativo:** engloba todas las regulaciones anteriores y, además, se ocupa de controlar la variación de las características del manipulador al variar la posición.

Los dispositivos auxiliares de entrada y salida permiten introducir y, a su vez, ver los datos de la unidad de control. Para enviar instrucciones al controlador y para dar de alta programas de control, habitualmente se utiliza una computadora adicional. Algunos robots únicamente poseen uno de estos componentes: en estos casos, uno de los componentes de entrada y salida permite la realización de todas las funciones. Los más comunes son: teclado, monitor y caja de comandos (teach pendant).



Requisitos de Diseño

Un sistema mecatrónico se entiende como un sistema digital que recoge señales, las procesa y emite una respuesta por medio de actuadores, generando movimientos o acciones sobre el sistema en el que se va a actuar: Los sistemas mecánicos están integrados con sensores, microprocesadores y controladores. Los robots, las máquinas controladas digitalmente, los vehículos guiados automáticamente, etc., se deben considerar como sistemas mecatrónicos.

Un sistema mecatrónico comprende de diferentes ramas de la ingeniería, de las que destacan la mecánica, electrónica, informática y sistemas de control. El principal objetivo es el análisis, diseño y desarrollo de productos y procesos de manufactura automatizada.

La parte de diseño nos lleva a considerar diversos factores en un sistema que permitan la funcionalidad y seguridad de quienes operen el producto o proceso automatizado. Hablamos de la seguridad y normatividad que todo proceso requiere

para su correcto empleo, así como el proceso de instalación, mantenimiento y sustentabilidad del sistema mecatrónico, de manera que el procesos sea confiable y seguro, con un plan de instalación y mantenimiento, tanto costos como durabilidad.

El desarrollo del proyecto “Separador de desechos”, es un método alternativo ante la falta de disponibilidad de las personas para separar sus desechos generados considerando que tan solo en Tlajomulco de Zúñiga con poco más de 500,000 personas, se generan aproximadamente 620,000kg de desechos al día.

Es por eso que utilizando los avances tecnológicos se podría combatir la problemática de la contaminación por desechos para colaborar en la separación y posteriormente en el reciclaje de la basura, por lo que el Robot separador de basura consideramos que podría beneficiar en esta labor del reciclaje. El proyecto se presentara como un prototipo pero se tomara en cuenta el proceso y diseño reales por lo que en los siguientes apartados se mostraran los factores de seguridad, normatividad, manufacturabilidad y factibilidad tecnológica, así como los procesos de instalación mantenimiento, al igual que la ergonomía y sustentabilidad del proyecto en desarrollo.

Seguridad

El sistema separador de basura o desechos, es un producto diseñado con principios simples, pero ampliamente efectivo. Consta de un brazo robótico, el cual está programado para operar de manera autónoma, por lo que no requiere de operador, aunque por la gran versatilidad del sistema, podría utilizarse para otros fines, pero para el fin al que está destinado, no sería posible.

Es indispensable establecer ciertos parámetros así como lineamientos, para el correcto funcionamiento del sistema por seguridad del usuario, por lo que en este caso en particular, el usuario no tendrá contacto directo con los residuos, por lo que los trabajadores solo tendrán que preocuparse por mantener la línea con la basura para que el robot se encargue de separar los materiales por categorías, teniendo en cuenta que los materiales que no puedan ser identificados serán revisados de manera manual por algún operador para identificarlo y depositarlo en el contenedor que le corresponde, de lo contrario separarlo con los materiales que no pueden ser reciclados o reutilizados.

A pesar de que un robot no requiere la presencia humana, existen diferentes riesgos, que aunque la finalidad del robot, además de aumentar la productividad, es eliminar los riesgos de accidentes al operario, no son eliminados del todo, ya que no se garantiza que el operador se mantenga alejado del entorno del robot. La forma más apropiada de evitarlo es instalar los elementos necesarios para mantener

seguro al operador y en dado caso de requerirlo, establecer los medios para detener el proceso cuando el operario este cerca.

Para ser precisos, existen dos tipos de riesgos en un robot, los riesgos tradicionales y riesgos específicos, a pesar de que solo algunos aplican para este proyecto, de igual manera se hace mención porque son riesgos generales con cualquier robot en la industria.

1. Riesgos Tradicionales:

- ❖ Riesgos Físicos:
 - Polvo
 - Temperatura (en máquinas y equipos)
 - Temperatura ambiente
 - Ruidos
 - Vibraciones
 - Humedad
 - Radiaciones
 - Electrocutión
 - Electricidad estática
 - Campos electromagnéticos, etc.
- ❖ Riesgos químicos
 - Productos cáusticos y corrosivos
 - Productos tóxicos
 - Productos irritantes
 - Productos sensibilizantes
 - Productos cancerígenos
 - Productos mutantes
- ❖ Factores biológicos
- ❖ Factores fisiológicos
- ❖ Factores Psicológicos

2. Riesgos específicos

- ❖ Riesgo de colisión hombre maquina
- ❖ Riesgo de proyección
- ❖ Riesgo de atrapamiento

Es recomendable establecer los parámetros de riesgo para el proyecto en desarrollo, argumentando los lineamientos que a continuación se mencionaran:

Recomendaciones de seguridad para la operación del robot

Es importante tener en cuenta que al tratarse de un sistema de control se tienen que establecer medidas de seguridad para el rápido accionar de los cuerpos de seguridad y de acción inmediata del establecimiento, por lo que en el presente documento se menciona todo referente al sistema de seguridad y respecto a la normativa operacional descrito en la sección **Normatividad**.

Al tratarse de desechos de uso cotidiano y no de residuos peligrosos, la operación y manejo del proceso no requiere un estricto control de seguridad para el operario, sin embargo es necesario establecer lineamientos y acciones para reducir y de ser posible eliminar todos los factores de riesgo, por lo que se establecerán las siguientes recomendaciones a tomar en cuenta.

1. Respecto a las área de operación del robot:

- ❖ La instalación del brazo robótico, deberá establecerse en un área apropiada donde cuente con el espacio necesario para realizar sus movimientos con un margen de medio metro de distancia del punto máximo extendible del brazo.
- ❖ Deberá colocarse la señalización necesaria para la operación del brazo, al igual que establecer el perímetro en el área de operación del robot, de acuerdo a los lineamientos y disposiciones establecidas por las NOM (Normas Oficiales Mexicanas) respecto a las delimitaciones de perímetros de áreas de trabajo.
- ❖ Durante la operación del robot evitar acercamientos al área de trabajo, todo esto para evitar algún percance y mantener la integridad física del operario, en caso de ser necesario la manipulación por parte del operario, verificar que el robot se encuentra en estado de reposo o reinicio y el proceso completamente detenido, de lo contrario, se recomienda detener inmediatamente el proceso desde el panel de control o en un caso más extremo, desde el paro de emergencia.
- ❖ En caso de un siniestro o algún percance en el que se vea involucrado la integridad física del operario, tener bien ubicado y con fácil acceso al botón de paro de emergencia, recuerda que entre más tiempo tardes en hacer el paro de emergencia, aumentas el riesgo de un percance mucho mayor, tanto la vida útil del robot como la integridad del operador.

2. Durante el proceso de operación.

- ❖ El brazo robótico tiene un margen de error del 10% al 20% al tratarse de un sistema de identificación de objetos por reconocimiento de visión artificial, por lo que en caso de encontrar similitud con otro material puede depositarlo en el contenedor equivocado, de ser así, no intente evitar que el brazo tome el material o manipular el objeto

hasta que llegue al contenedor donde fue enviado, siempre y cuando no exista un factor de riesgo de interferir con el proceso.

- ❖ Bajo ningún motivo deberá realizarse ninguna manipulación ni brindar mantenimiento, mientras esta en operación, si se detecta alguna anomalía, tendrá que ser reportada, para detener toda operación y proceder con la reparación o en dado caso mantenimiento.
- ❖ Se recomienda seguir con los protocolos de seguridad, así mismo, se recomienda portar correctamente los equipos de seguridad necesarios mientras el robot este en operación.

Estas recomendaciones son establecidas según el proceso o sector para el que esta destinadas, todo esto, considerando lo establecido en las NOM establecidas en la página oficial. En el siguiente apartado se mostraran las normas que establecen las condiciones para su manejo, así como de ser posible su reutilización y reciclaje.

Normatividad

A continuación se establece las normas que rigen el uso y manejo de los desechos, así como su posible reciclaje y de ser necesario la destrucción del desecho. Para entender bien la normativa que establece las condiciones para el manejo de desechos y residuos, se mencionara lo establecido en las NOM sobre residuos, así como la normativa correspondiente que a continuación se establece:

Normas Oficiales Mexicanas: Residuos (Peligrosos, solidos municipales y biológico-infecciosos)

En cuanto a residuos peligrosos es impostergable establecer las condiciones para un manejo seguro de los mismos que busque promover su aprovechamiento y reuso, o bien su estabilización para generar las condiciones de su confinamiento definitivo. Las normas en ese plano deben inducir a los actores a un proceso de búsqueda de minimización de sustancias que generen residuos peligrosos, y cuando ello no sea posible, buscar un balance eficiente tecnológica y económicamente entre el reuso, el reciclaje, la destrucción y el confinamiento.

Está en revisión la NOM-052 que define y establece las características que hacen peligroso a un residuo, con la finalidad de evitar mediciones innecesarias que contempla la versión actual y en general, promover un manejo seguro y eficiente de los residuos, dependiendo de su peligrosidad.

En el plano de los residuos sólidos municipales se requieren mecanismos de identificación de envases y embalajes, con el objeto de promover el reciclaje y generar instrumentos económicos y de participación social que conduzcan a una solución paulatina del problema. Las normas oficiales mexicanas en vigor son las siguientes:

NOM-052-ECOL-1993 (22/OCT/93)

Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-053-ECOL-1993 (22/OCT/93)

Que establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

NOM-054-ECOL-1993 (22/OCT/93)

Que establece el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993.

NOM-055-ECOL-1993 (22/OCT/93)

Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos, excepto de radiactivos.

NOM-056-ECOL-1993 (22/OCT/93)

Que establece los requisitos para el diseño y construcción de las obras complementarias de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

NOM-057-ECOL-1993 (22/OCT/93)

Que establece los requisitos que deben observarse en el diseño, construcción y operación de celdas de un confinamiento controlado para residuos peligrosos.

NOM-058-ECOL-1993 (22/OCT/93)

Que establece los requisitos para la operación de un confinamiento controlado de residuos peligrosos.

NOM-087-ECOL-1995 (07/NOV/95)

Que establece los requisitos para la separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos biológico-infecciosos que se generan en establecimientos que presten atención médica. Aclaración 12/junio/1996.

NOM-083-ECOL-1996 (25/NOV/96)

Que establece las condiciones que deben reunir los sitios destinados a la disposición final de los residuos sólidos municipales. Aclaración 7/marzo/1997.

NOM-133-ECOL-2000 (10/DIC/01)

Protección ambiental: Bifenilos policlorados (bpcs) - especificaciones de manejo.

Las NOM antes mencionadas establecen las condiciones con respecto al manejo y confinamiento, así como la clasificación de residuos por su toxicidad al medio ambiente. Existen también otras normativas de protección al ambiente establecidas por las Normas Mexicanas (NMX) que a continuación se establecen:

Normas Mexicanas (NMX)

NMX-AA-015-1985 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Muestreo - Método de cuarteo.

NMX-AA-016-1984 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Determinación de humedad.

NMX-AA-018-1984 Protección al ambiente - Contaminación de suelo - Residuos sólidos municipales - Determinación de cenizas.

NMX-AA-019-1985 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Peso volumétrico “in situ”.

NMX-AA-021-1985 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Determinación de materia orgánica.

NMX-AA-022-1985 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Selección y cuantificación de subproductos.

NMX-AA-024-1984 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Determinación de nitrógeno total.

NMX-AA-025-1984 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos - Determinación del PH - Método potenciométrico.

NMX-AA-031-1976 Determinación de azufre en desechos sólidos.

NMX-AA-032-1976 Determinación de fosforo total en desechos sólidos (método del fosfavanadomolibdato).

NMX-AA-033-1985 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Determinación de poder calorífico superior.

NMX-AA-052-1985 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Preparación de muestras en el laboratorio para su análisis.

NMX-AA-061-1985 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Determinación de la generación.

NMX-AA-067-1985 Protección al ambiente - contaminación del suelo –Residuos sólidos municipales - Determinación de la relación carbono / nitrógeno.

NMX-AA-068-1986 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Determinación de hidrogeno a partir de materia orgánica.

NMX-AA-080-1986 Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Determinación del porcentaje de oxígeno en materia orgánica.

NMX-AA-091-1987 Calidad del suelo – Terminología.

NMX-AA-092-1984 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Determinación de azufre.

NMX-AA-094-1985 Protección al ambiente - Contaminación del suelo - Residuos sólidos municipales - Determinación de fósforo total.

Para la separación y clasificación de los residuos tomaremos en cuenta la Norma Ambiental Estatal NAE-SEMADES-007/2008 para el criterio y especificaciones técnicas bajo las cuales se deberá realizar la separación, clasificación, recolección selectiva y valorización de los residuos en el Estado de Jalisco.

La cual establece lo siguiente:

Criterios y especificaciones técnicas

Bajo los criterios que se señalan en esta NAE, los residuos serán separados y clasificados desde la fuente generadora promoviendo su reducción y facilitando su reutilización, recolección selectiva y valorización de aquellos residuos que sean susceptibles de reincorporarse en un proceso productivo.

En el Estado de Jalisco la separación primaria de los residuos es de carácter obligatorio de acuerdo a lo establecido en los ordenamientos aplicables en la materia y a esta NAE; de igual forma, será responsabilidad de las autoridades municipales ejecutar de manera gradual o secuencial la separación secundaria, de acuerdo a las capacidades humanas, materiales y financieras de cada municipio. De igual forma, deberán sujetarse a lo dispuesto en esta NAE, el Programa Estatal para la Gestión Integral de los Residuos, los Programas Municipales para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y demás disposiciones que apliquen en la materia, teniendo como objetivo principal la unificación de criterios para lograr una óptima separación primaria y secundaria, con el fin de que los residuos sean susceptibles de ser valorizados y reincorporados a un proceso o tratamiento según las posibilidades que la normatividad contemple, para así evitar en lo posible su disposición final.

Tipos de separación

Para lograr los objetivos de la presente NAE, los residuos deberán clasificarse con el fin de facilitar su separación primaria y secundaria. Como parte de ambas separaciones, se incluye además la clasificación de “otros residuos” (punto 5.3. de este texto), los cuales se recolectarán según lo dispuesto por las autoridades municipales acatando lo establecido en esta NAE, conforme los principios de

gradualidad y temporalidad para la aplicación de los criterios necesarios y la implementación de infraestructura.

Separación primaria

Las diferentes características físicas, químicas y biológicas de los residuos dificultan su aprovechamiento si estos se encuentran mezclados, por lo que las clasificaciones que se presentan en esta NAE, se establecen con el fin de hacer más fácil su manipulación para su separación, clasificación y valorización. La separación primaria consiste en la clasificación de los residuos, desde la fuente generadora, en “residuos orgánicos”, “residuos inorgánicos” y “residuos sanitarios”. Los residuos orgánicos, referidos por esta norma ambiental estatal como aquellos originados por organismos vivos y por sus productos residuales metabólicos, que se degradan biológicamente, se identificarán por el color verde (pantone 377). Los residuos inorgánicos se clasifican bajo los criterios de esta norma ambiental estatal, tomando en cuenta sus características de generación y posibilidades de valorización, sin considerar sus componentes químicos propios del material, por lo que se incluyen materiales inertes o con elementos orgánicos en su estructura molecular; estos residuos se identificarán por el color azul (pantone 298). Los residuos sanitarios en los que se clasifican aquellos materiales que se desechan al ser utilizados en la higiene personal o en la atención médica a personas o animales, así como los que por sus características limiten su aprovechamiento o puedan generar un grado de riesgo ambiental, se identificarán por el color naranja (pantone 716). Algunos ejemplos de los residuos identificados como orgánicos, inorgánicos y sanitarios se enlistan de manera enunciativa más no limitativa en la siguiente tabla:

Residuos Orgánicos	Residuos Inorgánicos	Residuos sanitarios
⇒ Restos de comida	⇒ Papel	⇒ Papel sanitario
⇒ Cáscaras de frutas, verduras y hortalizas	⇒ Periódico	⇒ Pañales desechables
⇒ Cascaron de huevo	⇒ Cartón	⇒ Toallas sanitarias
⇒ Pelo	⇒ Plásticos	⇒ Material de curación
⇒ Restos de café y té	⇒ Vidrio	⇒ Pañuelos desechables
⇒ Filtros de café y té	⇒ Metales	⇒ Rastrillos y cartuchos de rasurar
⇒ Pan	⇒ Textiles	⇒ Preservativos
⇒ Tortillas	⇒ Maderas procesadas	⇒ Excretas de animales
⇒ Bagazo de frutas	⇒ Envases de multicapas	⇒ Colillas de cigarro
⇒ Productos lácteos	⇒ Bolsas de frituras	⇒ Fibras para aseo
⇒ Servilletas	⇒ Utensilios de cocina	⇒ Residuos peligrosos domésticos , entre ellos: Jeringas y agujas desechables, medicamentos caducos, entre otros
⇒ Residuos de jardín: pasto, ramas	⇒ Cerámica	
⇒ Tierra, polvo	⇒ Juguetes	
⇒ Ceniza y aserrín	⇒ Calzado	
⇒ Huesos y productos cárnicos	⇒ Cuero	
	⇒ Radiografías	
	⇒ CD's y cartuchos para impresora y copiadora	

Tabla 1: Separación primaria

Separación secundaria

La separación secundaria consiste en que desde la fuente generadora, los residuos inorgánicos, sean nuevamente clasificados en diversas categorías y haciendo uso del color de identificación que se establece para cada residuo previamente separado. De esta manera se dará oportunidad a que el generador pueda disponer sus residuos de manera adecuada, llevándolos a algún centro de acopio o planta de reciclaje autorizada por la autoridad correspondiente, o en su caso, se entreguen al sistema de recolección selectiva de residuos público o privado, el cual deberá buscar la mejor alternativa para su tratamiento o disposición final. Para facilitar la separación de los mismos y aumentar las posibilidades de que puedan reincorporarse en un proceso productivo, los residuos inorgánicos se clasifican en:

- Residuos inorgánicos con potencial de reciclaje
- Residuos inorgánicos de difícil reciclaje

Lo anterior con el fin de evitar que los residuos que tienen un potencial de reciclaje, disminuyan su valor por mezclarse con residuos que presentan mayores dificultades para su valorización.

Para visualizar La información más detallada puede consultar la página oficial de Gobierno del estado de Jalisco.

Manufacturabilidad

Entendemos por manufactura el proceso de al resultado de convertir materias primas en un producto elaborado por medio de un proceso industrial. De ese modo se obtienen los bienes terminados, listos para su venta en los distintos mercados. Por lo consiguiente, la manufacturabilidad es el proceso de fabricación de un producto o una técnica, con el menor costo posible.

En este caso en particular, este proyecto no está enfocado al ámbito industrial, al menos no para la rama de la manufactura, pero si puede ser utilizado para apoyar en el proceso de manufactura, ya que al contar con una gran capacidad de visión artificial, este puede ayudar a la identificación de objetos o materiales en la industria, inclusive a detectar posibles defectos en la fabricación de un producto.

Un robot con estas capacidades, además de cumplir con las funciones para las que está destinada en este caso, como lo es la separación de residuos, también puede aplicarse para diferentes usos, debido a la versatilidad con la que cuenta al disponer de un sistema de visión artificial, dándole la capacidad, no solo de identificar los desechos, sino que también se le puede programar para identificar otros objetos, brindando mejoras para ampliar las opciones en la utilización de este producto,

Factibilidad tecnológica

Para desarrollar este proyecto, hay que considerar diferentes aspectos. Sabemos que una de las problemáticas de mayor índole en las grandes ciudades es la gran cantidad de desechos que puede generarse en un día, pudiendo generar miles de toneladas de desechos en un día.

Sabemos que el reciclaje es un método muy efectivo de terminar con la contaminación ambiental, considerando que el 95% de la basura generada en una urbe como la ciudad de Guadalajara y su zona metropolitana, puede ser reciclada, sin embargo, solo un porcentaje no mayor al 5% es reciclado, debido a que no hay un sistema de separación de basura por parte de las autoridades, ni se le exige a la población apoyar en la separación de estos desechos, es por eso que la tarea de reciclaje se vuelve difícil. Contratar personal para hacer esta tarea no es muy viable, ya que muchas veces, el reciclaje de algunos materiales, no deja buenas ganancias.

La utilización de las tecnologías puede ser una opción muy confiable y teniendo en cuenta que la inversión podría recuperarse a corto o mediano plazo. Es por eso que para lograr terminar con la problemática ambiental y lograr aumentar el reciclaje de los desechos, se podría implementar un sistema de separación de desechos para facilitar las labores de reciclaje, es por eso que este proyecto está enfocado a buscar una solución a la problemática de la contaminación que tanto afecta a los ecosistemas como a la población en general que sufre las consecuencias que este problema genera.

Es por eso que se elaboró un estudio en el que se involucró el uso de software tanto para hacer el correspondiente diseño mecánico, así como un análisis de los elementos diseñados para verificar que los materiales a utilizar y el diseño que se elaboró, son apropiados para llevar a cabo el trabajo.

Instalación

Área de trabajo

Para la instalación del robot hay que considerar diversos factores, principalmente los relacionados a el área donde será montado, recordemos que se trata de una línea compuesta por una banda, la cual se ira alimentando con los desechos para que al aproximarse al brazo, identifique los desechos y los coloque en su respectivo contenedor con el material que le corresponde. Al tratarse de un sistema autónomo, el brazo robótico deberá de contar con el espacio suficiente para su movilidad.

Botón paro de emergencia

El botón de paro de emergencia deberá de colocarse cerca del panel de control y al alcance del operador para en caso de ser necesario, pueda accionarse rápidamente, por lo que recomendamos que el operador siempre se mantenga pendiente del proceso.

Contenedores

Los contenedores para los materiales deben mantenerse siempre en el lugar donde se les asigna, en caso de que un contenedor se llene, se deberá pausar el proceso para realizar el cambio de contenedor, posteriormente se podrá reanudar el proceso con normalidad.

Brazo Robótico

El brazo robótico tendrá que fijarse en su respectiva base en el área que le corresponde, por ningún motivo se deberá de mover del lugar asignado, solo de ser necesario para brindarle el mantenimiento correspondiente.

Mantenimiento

El objetivo del mantenimiento es asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones con respecto las funciones del brazo robótico, dando cumplimiento además a todos los requisitos del sistema de gestión de calidad, así como con las normas de seguridad y medio ambiente, buscado el máximo beneficio global.

Conforme el concepto de mantenimiento fue asociado exclusivamente con el término reparación, éste fue considerado como un mal necesario, incapaz de agregar valor a los procesos de la compañía. Sin embargo, hoy por hoy, cuando el

mantenimiento agrupa metodologías de prevención y predicción, se considera como un factor clave de la competitividad a través del aseguramiento de la confiabilidad.

Luego de la aparición de los microprocesadores y la electrónica digital a mediados de la década de 1970, se dio origen a instrumentos con capacidad de predecir la ocurrencia de fallas, naciendo el mantenimiento predictivo.

Adicionalmente y motivado por la masificación de los ordenadores personales, así como por la acogida de la filosofía de gestión de activos, se desarrolló el concepto de gestión de la confiabilidad, haciendo uso de herramientas como el mantenimiento asistido por ordenador, que facilita la coordinación de la producción, la selección de la estrategia correcta de mantenimiento y que se flexibiliza con los diferentes contextos que se desarrollen en las empresas.

Existen tres clases de mantenimiento: preventivo, correctivo y predictivo, estos serán aplicados al separador de residuos mediante un plan establecido periódicamente para la funcionalidad total del sistema autónomo, estos se mencionaran a continuación.

Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo consiste en evitar la ocurrencia de fallas en las máquinas o los equipos del proceso. Este mantenimiento se basa en un «plan», el cual contiene un programa de actividades previamente establecido con el fin de anticiparse a las anomalías.

En la práctica se considera que el éxito de un mantenimiento preventivo radica en el constante análisis del programa, su reingeniería y el estricto cumplimiento de sus actividades.

Para brindar el mantenimiento preventivo se establece un programa de mantenimiento en el cual se establecen los siguientes criterios:

Mantenimiento periódico

Este mantenimiento se efectúa luego de un intervalo de tiempo que ronda los 6 y 12 meses. Consiste en efectuar grandes paradas en las que se realizan reparaciones totales. Esto implica una coordinación con el departamento de planeación de la producción, el cual deberá abastecerse de forma suficiente para suplir el mercado durante los tiempos de parada. Así mismo, deberá existir un aparte detallado de repuestos que se requerirán, con el objetivo de evitar sobrecostos derivados de las compras urgentes o desabastecimiento de los mismos.

Mantenimiento programado (intervalos fijos)

Este mantenimiento consiste en operaciones programadas con determinada frecuencia para efectuar cambios en los equipos o máquinas de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes o a los estándares establecidos por ingeniería. Una de sus desventajas

radica en que se puedan cambiar partes que se encuentren en buen estado, incurriendo en sobre costos.

Mantenimiento de mejora

Es el mantenimiento que se hace con el propósito de implementar mejoras en los procesos. Este mantenimiento no tiene una frecuencia establecida, es producto de un trabajo de rediseño que busca optimizar el proceso.

Mantenimiento Autónomo

Es el mantenimiento que puede ser llevado a cabo por el operador del proceso, este consiste en actividades sencillas que no son especializadas.

Mantenimiento Rutinario

Es un mantenimiento basado en rutinas, usualmente sugeridas por los manuales, por la experiencia de los operadores y del personal de mantenimiento. Además es un mantenimiento que tiene en cuenta el contexto operacional del equipo.

Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo es aquel encaminado a reparar una falla que se presente en un momento determinado. Es el modelo más primitivo de mantenimiento, o su versión más básica, en él, es el equipo quien determina las paradas. Su principal objetivo es el de poner en marcha el equipo lo más pronto posible y con el mínimo costo que permita la situación.

Mantenimiento predictivo

El mantenimiento predictivo es una modalidad que se encuentra en un nivel superior a las dos anteriores, supone una inversión considerable en tecnología que permite conocer el estado de funcionamiento de máquinas y equipos en operación, mediante mediciones no destructivas. Las herramientas que se usan para tal fin son sofisticadas, por ello se consideran para maquinaria de alto costo, o que formen parte de un proceso vital.

El objetivo del mantenimiento predictivo consiste en anticiparse a la ocurrencia de fallas, las técnicas de mantenimiento predictivo más comunes son:

Análisis de temperatura: Termografías

Análisis de vibraciones: Mediciones de amplitud, velocidad y aceleración

Análisis de lubricantes

Análisis de espesores: Mediante ultrasonido

Ergonomía

El robot está destinado a reducir el contacto de los desechos con los operadores para evitar algún tipo de accidente al contacto con algún material que pueda afectar su integridad física o su salud, por lo que el uso del brazo robótico mejorara las capacidades de reciclaje, así como el contacto nulo con los desechos, a menos que alguna situación lo amerite, siempre y cuando se tomen las medidas, para poder manipular los materiales.

Sustentabilidad

El presente proyecto tiene como finalidad realizar la construcción de un robot tipo esférico y emplearlo a un propósito ambiental teniendo en cuenta mediante datos obtenidos en algunas fuentes, la importancia de utilizar la tecnología como un gran aliado para intentar detener las consecuencias resultantes de la contaminación que este genera, teniendo como objetivo principal desarrollar un sistema capaz de identificar y separar desechos que puedan ser reciclados, ya que los datos obtenidos en Internet consideran que el 90 por ciento de la basura generada al día puede ser reciclada, sin embargo la separación de basura es un proceso lento y que muy pocas personas quieren realizar y la idea es que este robot cumpla y realice las labores de separación de desechos que muchas personas no quieren hacer y en un lapso de tiempo menor.

Es por eso que este proyecto, más que afectar el medio ambiente al utilizar sus recursos, será para beneficio del mismo por lo que sería un gran cambio para beneficiar el medio ambiente y sus recursos.

Control del sistema

Control de posición de robots manipuladores

El control de posición o regulación de robots manipuladores es uno de los temas más importantes en el control de robots manipuladores. El potencial de control de posición en robots manipuladores se ubica en el sector industrial como traslado, estibado, pintado de objetos, soldadura, transporte de material, etc.

La técnica del moldeo de energía representa una técnica de control moderna que permite diseñar una familia extensa de algoritmos de control. La ecuación de lazo cerrado formada por la dinámica no lineal del robot manipulador y el algoritmo de control genera un punto de equilibrio único y asintóticamente estable en forma global. Considerando que varios algoritmos de control ofrecen muy buen desempeño, el moldeo de energía es una herramienta de desarrollo tecnológico que presenta las siguientes ventajas:

- Permite implementar instrucciones de programación de robótica industrial
- Facilita el guiado del robot a través de una base de datos o curva de registro
- Aplicaciones de control punto a punto

Control Proporcional Derivativo

El algoritmo de control proporcional derivativo (PD) es el esquema de controlador más simple y más popular que puede ser usado en robots manipuladores. Se muestra a continuación el diagrama de bloques del control proporcional derivativo con compensación de gravedad:

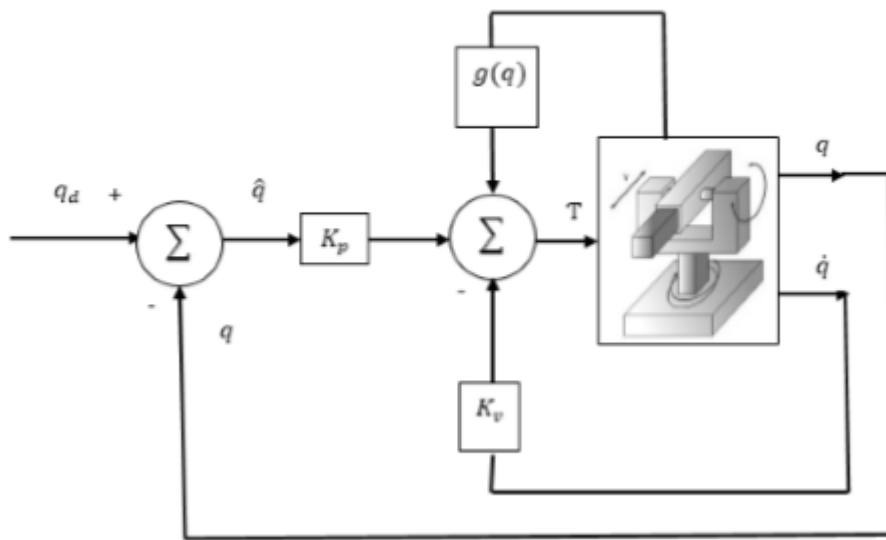


Figura 1. Diagrama de bloques de control PD

La posición articular del robot q se retroalimenta para generar la señal de error de posición $\tilde{q} = q_d - q$. La velocidad de movimiento \dot{q} se emplea para inyección de amortiguamiento. El control proporcional derivativo más compensación de gravedad (PD) está dado por la siguiente ecuación:

$$T = K_p \tilde{q} - K_v \dot{q} + g(q)$$

Donde $\tilde{q} \in \mathbb{R}^n$ es el vector de error de posicionamiento que se define como la diferencia entre la posición deseada q_d y la posición actual del robot q .

$K_p \in \mathbb{R}^n \times n$ Es una matriz definida positiva, $K_v \in \mathbb{R}^n \times n$ es la ganancia derivativa la cual es una matriz definida positiva.

La ecuación en lazo en cerrado en variables de estado que definen el problema de control de posición es:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \tilde{q} \\ \dot{\tilde{q}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\dot{\tilde{q}} \\ M(q) - 1[K_p \tilde{q} - K_v \dot{\tilde{q}} - C(q, \dot{q})\dot{\tilde{q}}] \end{bmatrix}$$

La cual es la ecuación diferencial autónoma.

Control Proporcional derivativo

El algoritmo de control PD tiene la desventaja de que en régimen estacionario presenta un error permanente de posición denominado “offset”; en otras palabras, el error de posición $\tilde{q}(t)$ converge a una constante diferente de cero. Para disminuir este error se incorpora en la estructura matemática del PD un término más denominado acción de control integral la cual disminuye la magnitud del error en el régimen estacionario.

Esto da origen al control proporcional integral derivativo (PID), el cual no representa un nuevo esquema de control sino más bien es la versión modificada del control proporcional derivativo que busca subsanar la deficiencia del error en régimen estacionario. A continuación se muestra el diagrama de bloques del algoritmo de control PID:

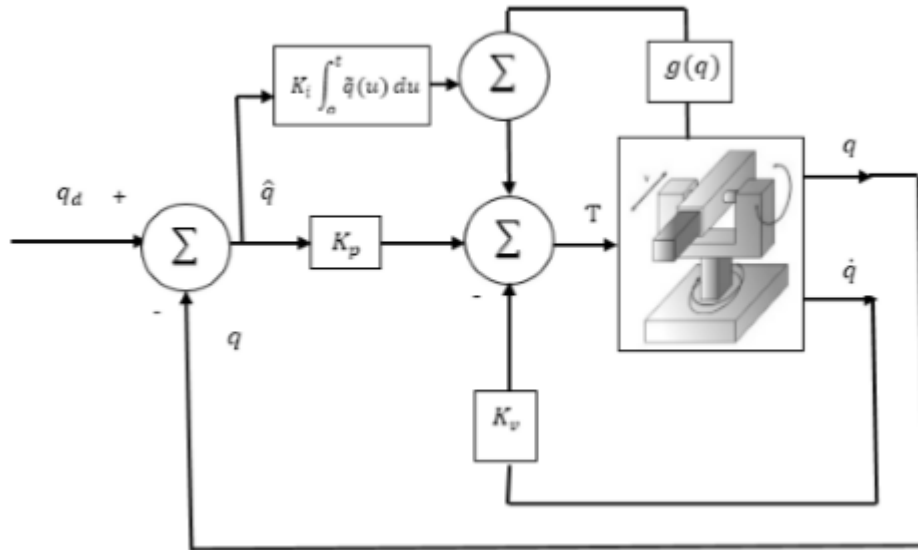


Figura 2. Diagrama de bloques de control PID

El algoritmo de control PID está dado por la siguiente ecuación:

Donde $K_p, K_v \in \mathbb{R}^{n \times n}$ son matrices definidas positivas y se les denomina ganancias proporcional y derivativa, respectivamente. $K_i \in \mathbb{R}^{n \times n}$ Es una matriz definida

positiva denominada ganancia integral. Todas las ganancias K_p , K_v y K_i son matrices definidas positivas.

La acción de control PID introduce una nueva variable de estado, que aquí denotaremos por v , la cual se encuentra relacionada con la derivada temporal del error de posición $\dot{v} = \ddot{q}$. Por lo tanto $v = \int_0^t \ddot{q} dt + v(0)$ con $v(0) \in \mathbb{R}^n$ es un vector constante. La ecuación en lazo cerrado en términos de las variables de estado $[v, \tilde{q}, \dot{q}]^T$ adquiere la siguiente forma:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} v \\ \tilde{q} \\ \dot{q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{q} \\ -\dot{q} \\ M(q)^{-1} [K_p \tilde{q} - K_v \dot{q} + K_i v - C(q, \dot{q}) \dot{q} - B \dot{q}] \end{bmatrix}$$

Esta es una ecuación diferencial autónoma cuyo único punto de equilibrio es el origen $[v^T, \tilde{q}^T, \dot{q}^T] = 0 \in \mathbb{R}^{3n}$.

Tipo de control para el robot

Para el control del brazo robótico tomando en cuenta las características de posición y velocidad que tienen los actuadores se tomó en consideración un control PID, donde sus diagramas de control se representan en las figuras 3 y 4.

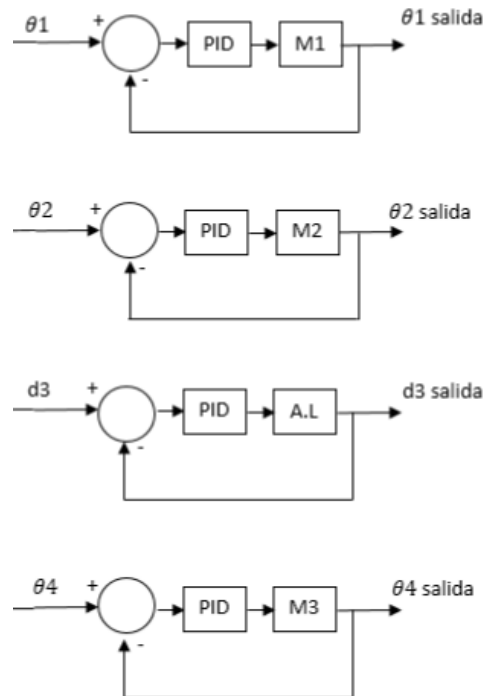


Figura 3. Esquema del control PID de los motores y el actuador lineal

En cuanto a los sistemas de control empleados para el manipulador robótico, se debe tomar en cuenta una consideración importante, ya que mediante un análisis de la cinemática del robot se considero como una cadena cinemática cerrada por lo tanto todo sistema de control del manipulador puede considerarse un Lazo cerrado.

Los actuadores empleados en este proyecto cuentan con retroalimentaciones que son de gran ayuda para realizar el control deseado.

Los motores cuentan con retroalimentaciones de posición y torque. Mientras que el actuador lineal cuenta con una retroalimentación de posición lineal. Los motores contarán con un control PID, por lo que se considerara en la clasificación de un sistema Lazo cerrado. Para el actuador lineal se realizó un control proporcional mediante la retroalimentación de posición antes mencionada.

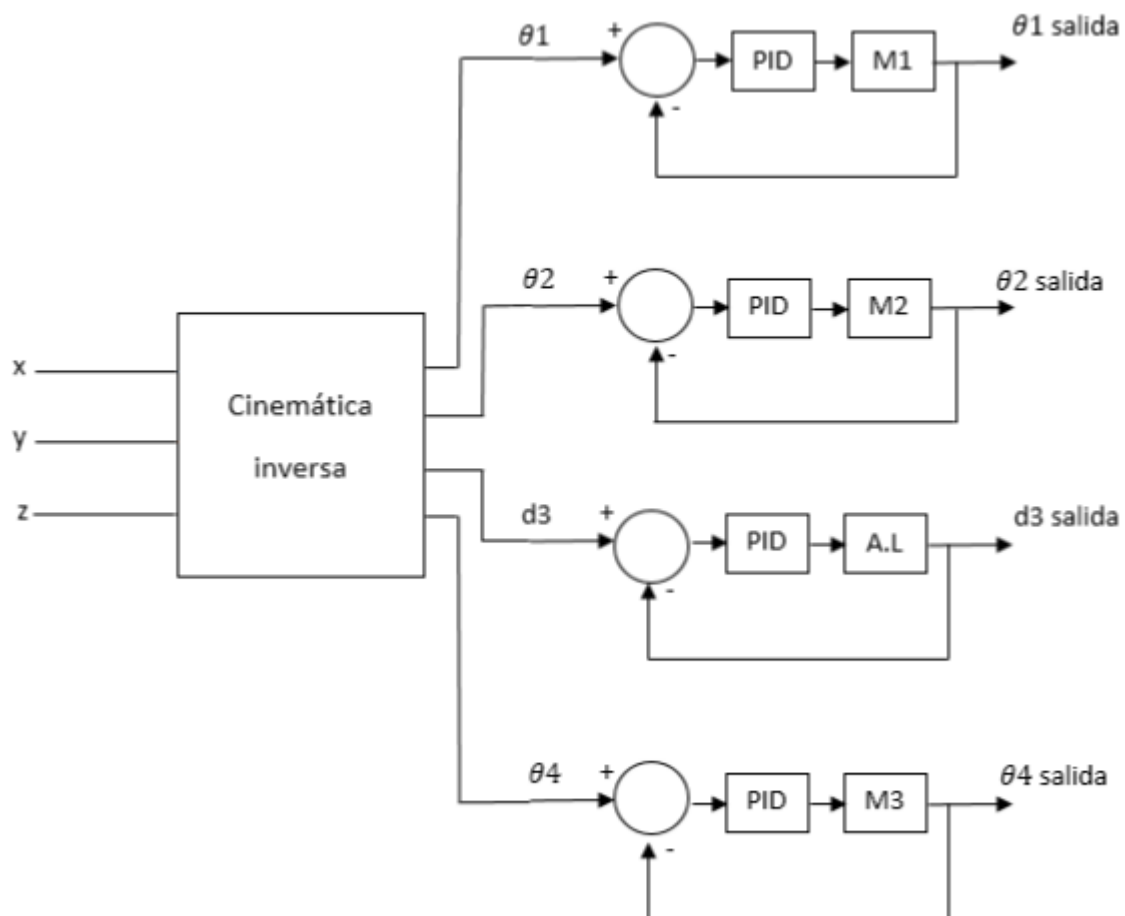


Figura 4. Sistema de control del brazo robótico. Cinemática inversa.

Por tal razón está correctamente expresado el hecho de que cada actuador trabaja en un Lazo cerrado; sin embargo el sistema total (el control de la posición espacial del Punto de Trabajo de la Herramienta) es un sistema Lazo Abierto.

Para que se pudiera considerar al sistema total un Lazo Cerrado, sería necesario hallar la manera de sensar la posición espacial real del Punto de Trabajo de la Herramienta (PTH) y usar esa información como retroalimentación para el posicionamiento del sistema.

En la figura 4 se puede apreciar el diagrama de sistema de control para cinemática inversa. Donde se visualiza lo antes explicado: cada actuador cuenta con su sistema de control de Lazo Cerrado, mientras que el sistema total bien puede considerarse un control en Lazo Abierto para múltiples entradas y múltiples salidas.

El diagrama de control para cinemática directa corresponde a la siguiente imagen:

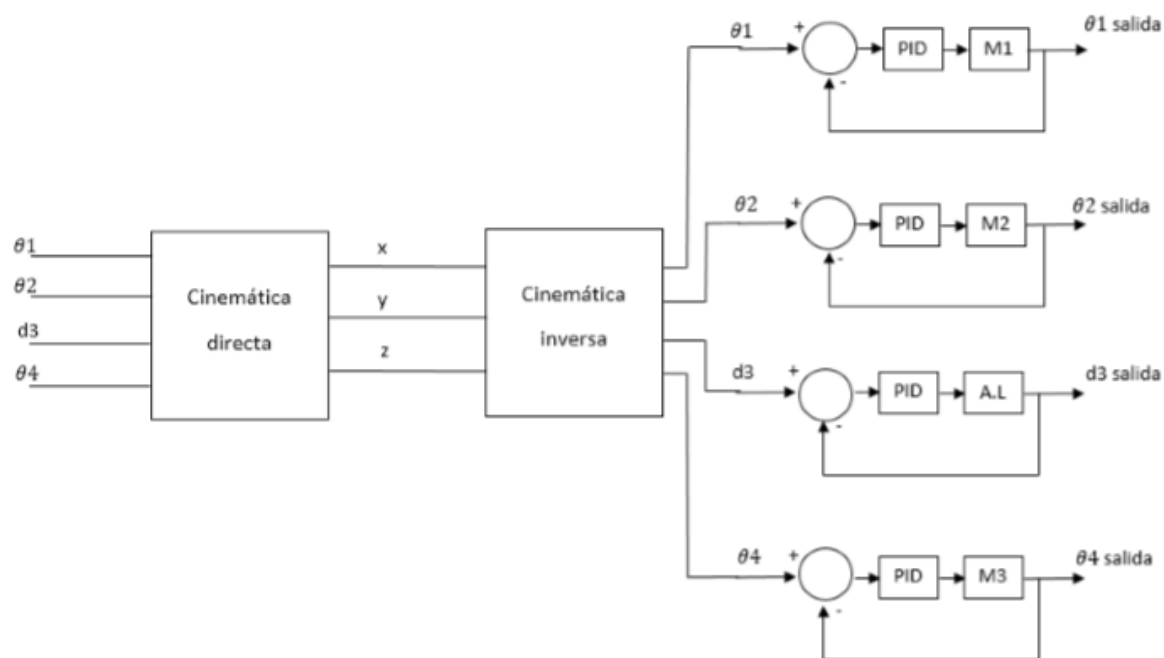
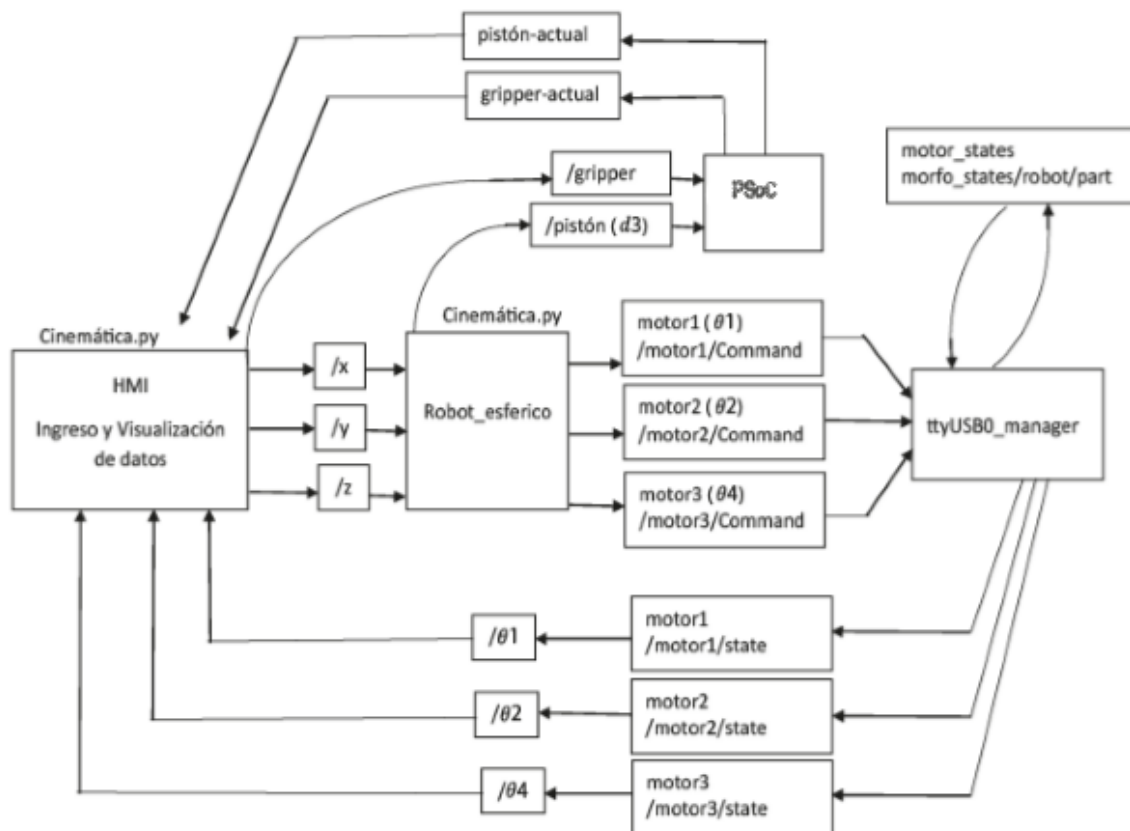


Figura 5. Sistema de control del brazo robotico para cinemática directa

Dinámica de robots

Control mediante ROS

Para implementar el control del robot se usó un software el cual es ROS dicho sistema operativo se instala sobre el sistema operativo Ubuntu 18.04, estos sistemas son totalmente libres, se lo puede descargar directamente desde el siguiente link: [<http://wiki.ros.org/ROS/Installation>]. Para el presente proyecto se usará la última versión. Mediante la arquitectura de ROS el control puede ser a nivel grafico usando nodos. Los nodos son procesos ejecutables que realizan el cómputo y se los puede implementar usando lenguajes como C++ y Python ya que ROS posee librería directas con los programas antes mencionados, para iniciar el diseño se procede a realizar el siguiente diagrama de flujo que representará el controlador del manipulador robótico.



En cuanto al control del manipulador robótico, para iniciar se instala todos los paquetes respectivos de ROS.

Rospy es un paquete que tiene como función iniciar todos los nodos por medio del interprete Python. Una vez instalado los paquetes, se procede a crear un espacio de trabajo en ROS, se recomienda seguir los tutoriales que se encuentran en la página de ROS, una vez creado el espacio de trabajo se inicia los controles

mediante el terminal de Ubuntu, para el presente proyecto se usa el siguiente comando:

```
$ roscd my_dynamixel
```

Todos los nodos implementados en el sistema de control del manipulador robótico se deben disparar al mismo tiempo y esto se lo debe hacer por medio de una archivo modo_mover.launch.

Una vez iniciado el espacio de trabajo de ROS, para poder correr el archivo modo_mover.launch se debe usar el siguiente comando:

```
$ roslaunch my_dynamixel modo_mover.launch
```

Se puede verificar las conexiones internas de ROS Mediante el siguiente comando de ROS:

```
$ rosrun rqt_graph rqt_graph
```

Armado del Robot

A continuación se mostraran algunas imágenes de la construcción y ensamble del brazo robótico, el cual contara con 3 GDL tendrá por lo menos 3 etapas de posición y de ser necesario, se establecerá un control de velocidad:



Bibliografías:

Norma Ambiental Estatal NAE-SEMADES-007/2008:

https://info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/leyes/nae_residuos.pdf

Normas Oficiales Mexicanas (NOM)

http://www.paot.org.mx/centro/ine-semarnat/informe02/estadisticas_2000/compendio_2000/04dim_institucional/04_02_Normatividad/data_normatividad/RecuadroIV.2.4.htm

Normas Mexicanas (NMX):

<https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/normatividad-aplicable-al-tema-de-residuos>