

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA

SEDE QUITO-CAMPUS SUR

CARRERA DE INGENIERIA DE SISTEMAS

MENCIÓN ROBOTICA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN
ROBOT ESCALADOR PARA LA LIMPIEZA DE VENTANAS
INTERIORES UTILIZANDO VISIÓN ARTIFICIAL Y
COMUNICACIÓN INALÁMBRICA, PARA LA EMPRESA SOFT
TERATRONIC.”**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO DE
SISTEMAS**

AUTOR:

OSCAR LUIS MOLINA RIVERA

DIRECTOR:

FISICO BAYARDO CAMPUSANO

QUITO, AGOSTO 2012

DECLARACIÓN

Yo, Oscar Luis Molina Rivera, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Oscar Luis Molina Rivera

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Oscar Luis Molina Rivera, bajo mi dirección.

Físico Gonzalo Bayardo Campusano Nieto
Director de Tesis

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios por darme la fuerza y voluntad para construir esa larga escalera hacia el éxito personal. A mi madre quien siempre confió en mí y por ser la única en apoyarme en mi soñador proyecto, siempre me brindó mucho cariño incluso en sus días más difíciles de su vida. A mi esposa Mónica por estar conmigo en todo momento principalmente en esos tiempos de altos y bajos. A mis hijas Abigail y Jezebel que son mi razón de mi existir, por recibirme con esa profunda alegría todos los días de duro y exhausto trabajo. A mis hermanos Paola, Diego y Luis que compartieron conmigo muchas desveladas y que sintieron muy de cerca mi afición brindándome muchas veces sus manos. A mi estimado Amigo Angel Fierro con quien compartimos muchas ideas en común y con quién hemos sacado adelante a TERATRONIC gracias a ese complemento que tenemos para trabajar en equipo y sobre todo la confianza y transparencia que existe. A todos mis profesores que me han guiado con su conocimiento y amistad principalmente a Bayardo Campusano, Carlos Pillajo, Luis Casanova y Geovanny Calle.

A todas gracias de manera infinita por formar parte en mi vida y ser un pilar para construir y cumplir con este importante paso.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi madre quien siempre ha estado apoyándome de manera incondicional en todos mis proyectos, por ser la única persona en alentarme en todas mis ideas y por demostrarme ese inmenso cariño en todo momento.

Además este trabajo se lo dedico a mi Esposa Mónica Gómez y a mis amadas hijas Abigail y Jezebel quienes son mi razón de vivir.

Oscar Molina

CONTENIDO

DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTOS	IV
DEDICATORIA	V
CONTENIDO	VI
RESUMEN	XII
PRESENTACIÓN	XIII

1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN **2**

1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	4
1.5 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	5
1.5.1.1 LIMITACIONES DEL SISTEMA	6

2 MARCO TEÓRICO **8**

2.1 VISIÓN ARTIFICIAL	8
2.1.1 GENERALIDADES	8
2.1.2 PROCESAMIENTO BÁSICO DE IMÁGENES DIGITALES	8
2.1.2.1 BINARIZACIÓN DE UNA IMAGEN	9
2.1.2.2 MANIPULACIÓN DEL CONTRASTE	10
2.1.2.3 MODIFICACIÓN DEL CONTRASTE	11
2.1.2.4 MODIFICACIÓN DEL HISTOGRAMA	13
2.1.2.5 FILTRADO DE UNA IMAGEN	14
2.1.2.5.1 FILTROS LINEALES ESPACIALES	14
2.1.2.5.2 FILTRO PASA BAJAS ESPACIALES	14

2.1.2.5.3	FILTRADO POR LA MEDIANA	16
2.1.3	EXTRACCIÓN DE BORDES	16
2.1.4	SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES	17
2.1.4.1	SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES	17
2.1.4.2	PASOS PARA LA EXTRACCIÓN DE BORDES	18
2.2	ROBÓTICA	19
2.2.1	GENERALIDADES	19
2.2.1.1	CON INDEPENDENCIA RESPECTO A LA DEFINICIÓN DE ROBOT.-	20
2.2.1.2	EN BASE A SU OBJETIVO.-	20
2.2.1.3	EN RELACIÓN AL TÉRMINO ROBOT.-	20
2.2.2	¿QUÉ ES UN ROBOT?	20
2.2.3	TIPOS DE ROBOTS	21
2.2.3.1	ROBOTS AUTÓNOMOS	21
2.2.3.2	ROBOTS TELEDIRIGIDOS	21
2.2.3.3	CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS	22
2.2.3.3.1	ROBOTS ANDROIDES	22
2.2.3.3.2	ROBOTS MÓVILES	22
2.2.3.3.3	ROBOTS INDUSTRIALES	23
2.2.3.3.4	ROBOTS MÉDICOS	24
2.2.4	TIPOS DE ROBOTS CON PATAS	25
2.2.4.1	SEGÚN EL NÚMERO DE PATAS.	25
2.2.4.2	SEGÚN EL TIPO DE MEDIO	26
2.2.4.2.1	MOVIMIENTO EN EL ESPACIO.	27
2.2.4.2.2	MOVIMIENTO EN EL AGUA.	27
2.2.4.2.3	MOVIMIENTO EN EL AIRE.	27
2.2.4.3	SEGÚN EL TIPO DE ACTUADOR	27
2.2.4.3.1	ELÉCTRICO	28
2.2.4.3.2	NEUMÁTICO	28
2.2.4.3.3	HIDRÁULICO	28
2.2.4.4	SEGÚN EL TIPO DE CONTROL	28
2.2.4.4.1	POR PROGRAMA	29
2.2.4.4.2	SEMIAUTOMÁTICO	29
2.2.4.4.3	INTELIGENTE.	29
2.2.4.5	SEGÚN GRADOS DE LIBERTAD	30

2.2.4.5.1	UN GRADO	30
2.2.4.5.2	DOS GRADOS	31
2.2.4.5.3	TRES GRADOS	31
2.2.4.5.4	ESTRUCTURAS COMPLEJAS	32
2.2.5	ROBOTS ESCALADORES	32
2.2.5.1	ROBOT ESCALADOR ROWER	32
2.2.5.2	ROBOT ESCALADOR REST	33
2.2.5.3	ROBOT ESCALADOR REST-2	34
2.2.5.4	ROBOT ESCALADOR ROSY	34
2.2.5.5	ROBOT ESCALADOR RACCOON	35
2.3	ELECTRÓNICA BÁSICA	35
2.3.1	PARTES ELECTRÓNICAS	35
2.3.1.1	REGULADOR DE VOLTAJE	35
2.3.1.2	CONDENSADORES	36
2.3.1.2.1	CONDENSADOR ELECTROLÍTICO	36
2.3.1.2.2	CONDENSADOR CERÁMICO	37
2.3.1.2.3	CONDENSADOR DE TÁNDALO	37
2.3.2	SENSORES Y ACTUADORES	37
2.3.2.1	SENSORES	37
2.3.2.1.1	SENSORES DE PROXIMIDAD Y DISTANCIA.	38
2.3.2.1.1.1	INFRARROJO SHARP GP2Y0D81	38
2.3.2.1.1.2	INFRARROJO CNY70	38
2.3.2.2	ACTUADORES	39
2.3.2.2.1	SERVOMOTORES	40
2.3.2.2.2	MOTORES PASO A PASO	41
2.3.2.2.3	MOTORREDUCTORES	41
2.3.3	MICROCONTROLADORES	41
2.3.3.1	MICROCONTROLADOR PIC	42
2.3.3.2	MICROCONTROLADOR AVR	42
2.3.3.3	MICROCONTROLADOR MOTOROLA	42
2.3.3.4	MICROCONTROLADOR SIEMENS	43
2.3.4	COMUNICACIÓN CON XBEE	43
2.3.4.1	XBEE Y XBEEPRO	43
2.4	MECÁNICA	44

2.4.1	ENGRANES	44
3	DISEÑO DEL ROBOT ESCALADOR	47
3.1	DISEÑO MECÁNICO DEL ROBOT ESCALADOR BIFRUS.	48
3.1.1	ROBOT VERTIBOT	48
3.1.2	ROBOT STICKYBOT GECO	48
3.1.3	ANÁLISIS FÍSICO DEL ROBOT EN EQUILIBRIO	50
3.1.4	ANÁLISIS FÍSICO DEL ROBOT EN MOVIMIENTO	52
3.1.5	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN DEL ROBOT.	57
3.1.5.1	DISEÑO CAJAS DE REDUCCIÓN.	58
3.1.5.1.1	CÁLCULOS CAJA REDUCTORA.	59
3.1.6	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL ROBOT.	60
3.1.7	DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTOSAS.	62
3.2	DISEÑO ELECTRÓNICO	63
3.2.1	DIAGRAMA DE BLOQUES USBTERA2.0	63
3.2.2	DIAGRAMA DE BLOQUES ROBOT BIFRUS.	64
3.2.3	DISEÑO ESQUEMÁTICO PLACA USBTERA2.0	64
3.2.4	DISEÑO ESQUEMÁTICO PLACA DE CONTROL BIFRUS	65
3.2.5	DISEÑO TABLERO PLACA USBTERA2.0	66
3.2.6	DISEÑO TABLERO PLACA DE CONTROL ROBOT BIFRUS	66
3.3	DISEÑO SOFTWARE BIFRUS.	67
3.3.1	DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	67
3.3.1.1	MODELO CONCEPTUAL	67
3.3.1.1.1	DICCIONARIO DE DATOS	68
3.3.1.2	MODELO LÓGICO	69
3.3.2	INTERFAZ DE USUARIO	69
3.3.3	DISEÑO UML	71
3.3.3.1	DIAGRAMA DE CASOS DE USO	71
3.3.3.2	DIAGRAMAS DE SECUENCIA	72
3.3.3.3	DIAGRAMA DE ESTADOS.	72
3.3.3.3.1	DIAGRAMA DE ESTADO ROBOT BIFRUS	73
3.3.3.3.2	DIAGRAMA DE ESTADO PROCESAMIENTO DE IMAGEN	73
3.3.3.4	DIAGRAMA DE PAQUETES.	74

3.3.3.5	DIAGRAMA DE CLASES	75
4	CONSTRUCCIÓN ROBOT ESCALADOR BIFRUS	77
4.1	PARTE MECÁNICA DEL ROBOT	77
4.1.1	ESTRUCTURA DEL ROBOT	77
4.1.2	SISTEMA DE TRANSLACIÓN	78
4.1.3	SISTEMA DE VENTOSAS.	81
4.2	CONSTRUCCIÓN ELECTRÓNICA DEL ROBOT	82
4.2.1	PLACA USBTERA2.0	82
4.2.2	PLACA DE CONTROL ROBOT BIFRUS.	82
4.3	SOFTWARE DE CONTROL	83
4.3.1	PAQUETE CONEXIÓN	83
4.3.1.1	CLASE MySQL	84
4.3.1.2	CLASE RS232	84
4.3.2	PAQUETE BIFRUS	85
4.3.2.1	CLASE CAMARA	85
4.3.2.2	CLASE FILTROS	85
4.3.2.2.1	OBTENCIÓN DE BORDES POR EL MÉTODO DE CANNY:	86
4.3.2.2.2	OBTENCIÓN DE ESQUINAS POR EL MÉTODO DE HARRIS:	87
4.4	IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE AL SISTEMA	89
4.4.1	IMPLEMENTACIÓN DE LA CÁMARA INALÁMBRICA IP.	89
4.4.2	IMPLEMETACIÓN ROBOT BIFRUS	90
4.5	PRUEBAS Y CORRECCIÓN DE FALLOS	90
4.5.1	PRUEBAS DEL SOFTWARE	90
4.5.1.1	COBERTURA DE BUCLES	91
4.5.2	PRUEBAS DEL HARDWARE	92
4.5.2.1	PRUEBAS DE TRASLACIÓN DEL ROBOT	92
4.5.2.2	PRUEBAS DEL SISTEMA DE LIMPIADO	93
4.6	INVERSIÓN ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN	94
4.7	CALCULO PRECIO ROBOT BIFRUS	96
4.8	ANÁLISIS DE VENTAS	100
4.9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
4.9.1	CONCLUSIONES	102

4.9.2 RECOMENDACIONES	103
5 BIBLIOGRAFÍA	106
GLOSARIO	111
ANEXOS	115
ANÁLISIS ESTRUCTURAS PREESTABLESIDAS	115
ESTRUCTURA BOMBERO	115
ESTRUCTURA ROBOT VERTIBOT	117
ROBOT CUADRÚPEDO ASTARTE	118
ROBOT CUADRUPEDO LAGARTIJA	120
ANÁLISIS Y ESTUDIO DE VENTOSAS	121
ANÁLISIS DE CAJAS DE REDUCCIÓN Y MOTORES DC.	122
MANUAL DE USUARIOS	123
INTRODUCCIÓN	123
DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	124
INDICACIONES PREVIAS	124
IMPLEMENTACIÓN MODULO USBTERA2.0	125
VALIDACIÓN DE USUARIO	130
PANTALLA PRINCIPAL	130
MENÚ PANTALLA PRINCIPAL	130
CÁMARA	131
5.1.1.1 IMAGEN PROCESO	131
BOTÓN DE CONTROL	132
BOTÓN DE INFORME	132

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es el Diseño, construcción e implementación de un Robot escalador para la limpieza de ventanas interiores utilizando visión artificial y comunicación inalámbrica, para la empresa SOFT TERATRONIC.

Este prototipo es el inicio de una serie de estudios para la introducción en el mercado de un robot limpiador de vidrios lo suficientemente económico y funcional.

La empresa desea desarrollar este robot utilizando la tecnología inalámbrica Xbee para su control y supervisión por medio de una computadora mediante la utilización de un software que se encargará de procesar la imagen de la superficie del vidrio para la detección de bordes y delimitar el área de trabajo, esto se lo realizará teniendo un ambiente con condiciones ideales, los datos del área será almacenado en una base de datos.

El sistema posee un robot limpiador Bifrus que incorpora un módulo Xbee emisor/receptor, una cámara con su pedestal y un computador que aloja el sistema de control con un USB Xbee emisor/receptor.

Se utiliza la tecnología ZIGBEE para realizar la comunicación entre el robot Bifrus y el computador.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo tiene como finalidad generar un importante aporte a la empresa SOFT TERATRONIC en el campo de la investigación ya que este primer prototipo es el inicio en la creación de un Robot Limpiador y Escalador de vidrio de bajo costo y de fácil utilización. Por tanto, es de gran importancia sin duda alguna, la implementación de un prototipo robótico que solucione principalmente la dificultad de escalar vidrios sin depender de actuadores eléctricas o maquinas succionadoras externas para facilitar la manipulación de las personas con el robot.

Deberá ser un robot lo suficientemente liviano y de fácil colocación del mismo ante una superficie plana de cristal, con el fin de evitar trabajo al usuario.

El valor agregado que se le da al robot, es el módulo de procesamiento de imágenes cuya función especial es la de detectar el borde de la ventana para delimitar el área de trabajo del robot.

CAPÍTULO I

Introducción

1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Debido a los significativos avances tecnológicos que se desarrollan en nuestro País por parte de Instituciones Universitarias y de empresas Privadas entre ellas Teratronic nace la necesidad de dar soluciones efectivas con tecnologías de vanguardia en áreas de robótica aplicada en sectores como la medicina, la industria, educación, publicidad y en el hogar.

Teratronic en este año está abarcando el mercado doméstico con todo lo que se refiere a Domótica que es la automatización de hogares en iluminación, sonido y seguridad, además su objetivo es satisfacer una necesidad primordial que es la de facilitar el trabajo en los hogares entre ellas la limpieza de ventanas.

En su estudio de mercado realizado por la empresa auspiciante detectó la oportunidad de ingresar al mercado nacional con un producto muy particular, un robot escalador para la limpieza de vidrios. Por tal motivo le es urgente tener el primer prototipo para finales del año 2012. Es por ello que tanto para Teratronic como para mi persona es de vital importancia desarrollar un prototipo de bajo costo, facilidad al transportar, y principalmente de tamaño pequeño.

Su nicho de mercado son principalmente las empresas de servicio de aseo y hogares, las cuales les permitirá ahorrar gran cantidad de tiempo y dinero.

1.2 ANTECEDENTES

TERATRONIC como empresa pionera en desarrollo principalmente en el área de robótica le es de vital importancia abrir mercados inexplorados donde permita posicionarse con productos y servicios de vanguardia en el País.

Su visión es destinar la robótica a un mercado extremadamente grande como la limpieza sea este de cualquier tipo como por ejemplo limpiadores de piscinas, limpiadores de vidrios, limpiadores de pisos, limpiadores de oleoductos, limpiadores de alcantarillas, etc.

Esta necesidad siempre ha existido, el problema era que antes no se tenía el suficiente conocimiento ni la tecnología que permitiera desarrollar artefactos o robots que solucionen estos problemas.

Es imposible cubrir todas las necesidades que existe en el mercado ya que demanda tiempo de desarrollo, significando mayor inversión. Por tal razón la empresa propuso la creación de un robot escalador limpiador de vidrios por su poca inversión y tiempo de desarrollo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar construir e implementar un Robot capaz de limpiar cristales de ventanas utilizando Visión Artificial.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar y determinar qué tipo de robot es el ideal para trasladarse a través del vidrio.

- Establecer que características debe tener un robot escalador de vidrios.
- Determinar el algoritmo de visión artificial más adecuado para la detección de bordes.
- Establecer y adaptar la estructura física del Robot para poder manipular acciones como adherirse y moverse a través del vidrio.
- Desarrollar el software de control del robot para un microcontrolador DSPIC.
- Desarrollar el software para el procesamiento de imágenes digitales y Visión Artificial utilizando lenguaje Java.
- Implementar una cámara inalámbrica para la obtención de la imagen desde el sistema robótico y enviarla a la PC.
- Implementar el módulo wireless XBEE de ZEBBEE para la comunicación entre el DSPIC y el Computador.
- Desarrollar la base de datos en MySql para el almacenamiento de distancias con largo, ancho y área del cristal de la ventana.
- Realizar pruebas y corregir errores.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de este proyecto se justifica por el interés que tiene la empresa Teratronic en construir un robot que estará al servicio del ser humano, a más de aplicar mis conocimientos adquiridos a lo largo de la Carrera de Ingeniería de Sistemas en la mención de Robótica e Inteligencia Artificial.

Este robot estará destinado a suplir una labor pesada y a la vez peligrosa como es la limpieza de los cristales de las ventanas, ahorrando tiempo, esfuerzo y dinero, también se reducirá el porcentaje de accidentes ocasionados, ofreciendo además una eficaz limpieza a un bajo costo, cuya inversión se justifica con el beneficio y la calidad en servicio que ofrece el robot.

Se aportará a la comunidad con una nueva tecnología acorde a las necesidades modernas según la realidad de nuestro País. La empresa SOFT TERATRONIC es la auspiciante para desarrollo de este nuevo producto y que será comercializado a futuro en Ecuador.

1.5 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Luego del estudio realizado por la empresa Teratronic, solicitó la construcción del primer prototipo del robot escalador para limpieza de vidrios expresamente para interiores que deberá poseer una estructura apropiada para poder escalar un cristal, sea este un bípedo, cuadrúpedo, hexápodo u otro tipo de robot. En cuanto al tamaño debe ser pequeño y además liviano, lo suficiente para ser transportado y colocado en el cristal de la ventana, se estima sea de unos 40cm de ancho por 45 cm de largo.

Se utilizará una cámara inalámbrica para poder obtener las imágenes de la ventana, luego serán procesadas por el programa de Visión Artificial, desarrollado en Java, este proporcionará los datos necesarios para la identificación de su entorno. Una vez identificados los bordes de la ventana el software permitirá calcular el área de lavado del cristal y almacenarlo en una base de datos.

El robot tendrá una comunicación con la PC por medio de un módulo XBEE (Comunicación inalámbrica) y un DSPIC. Además contará con sensores de presencia para controlar sus movimientos de rotación y traslación y así evitar posibles choques con los bordes. Se desplazará a través del cristal de la ventana por medio de unas ventosas colocadas en sus patas, lo que permitirá al robot moverse hasta el extremo opuesto del cristal limpiando toda el área que está a su paso, se estima que al llegar al

borde opuesto podrá dar un giro de 180 grados al detectar el extremo de la ventana y nuevamente comenzará a dirigirse al borde opuesto.

El robot podrá enviarse hacia los lugares donde no existió un limpiado adecuado por medio de un programa de control, direccionando de esta manera sus movimientos de traslación para ejecutar nuevamente la acción de limpiado.

El desarrollo e implementación de las interfaces de usuario utilizará el lenguaje de programación Java, para el almacenamiento de información se empleará software libre MySQL.

1.5.1.1 LIMITACIONES DEL SISTEMA

Se debe tomar en cuenta que el robot no limpiará vidrios con manchas de aceite, pintura, grasas o cualquier tipo de manchas que demande otro tipo de limpiado que no sea la de utilizar un paño de tipo absorbente para polvos.

El robot estará diseñado para cumplir su campo de acción en interiores de oficinas, casas y departamentos debido a que su fuente de alimentación necesita ser recargarlo cada quince minutos.

La fuente de alimentación puede ser un adaptador o una batería de litio.

Es necesario siempre supervisar al robot ya que puede caerse al descargarse la batería.

CAPÍTULO II

Marco

Teorico

2 MARCO TEÓRICO

2.1 VISIÓN ARTIFICIAL

2.1.1 GENERALIDADES

La visión artificial también conocida como visión por computador, es un campo que pertenece a la inteligencia artificial. La visión artificial dota a un computador la facultad de entender y distinguir imágenes o escenas.

Tiene como objetivo detectar, segmentar y reconocer objetos en imágenes, y es usada para diversas aplicaciones como detección de caras humanas, control de calidad en vegetales, clasificador de objetos, etc.

2.1.2 PROCESAMIENTO BÁSICO DE IMÁGENES DIGITALES

Para el procesamiento de imágenes digitales siempre se debe tomar en cuenta que cualquiera que sea el método que se aplique siempre está sujeto a la percepción de la persona que cumple de observador.

Una imagen digital es una función de la forma $f(x, y)$ que ha sido discretizada tanto el coordenadas espaciales como en luminosidad. Esta imagen digital es como una matriz bidireccional que contiene filas y columnas de puntos donde cada uno de estos se denominan pixeles.

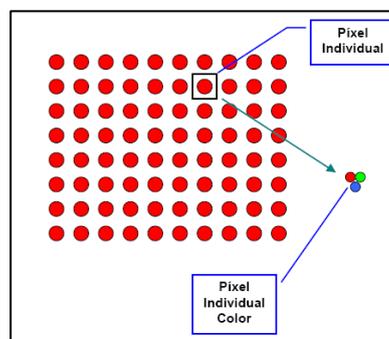


Fig. 2.1: Imagen Digital de una Función
FUENTE: [PDFPRODIIM01] pág. 2

Para el tratamiento de una imagen digital es necesario tres pasos.

- Adquisición de la imagen.
- Procesamiento de la imagen.
- Presentación al observador.

Para la adquisición de la imagen se necesita de un transductor o transductores que mediante la manipulación de luz o de otra forma de radiación permitan representar un cuerpo y obtener una imagen como por ejemplo el ojo humano, una cámara fotográfica, cámara de videos, entre otros.

Estos transductores siempre generan ruido y en la etapa de procesamiento de la imagen se realizan una serie de procedimientos matemáticos para eliminar en lo mejor posible los ruidos contaminantes.

En la etapa de presentación se trata de escoger el medio que permita exponer la imagen al observador que puede ser impresa o por medios electrónicos como puede ser un televisor, o el monitor de un computador.

A continuación detallamos los procesos más comunes de digitalizar una imagen.

2.1.2.1 BINARIZACIÓN DE UNA IMAGEN

La binarización de una imagen consiste en comparar los niveles de grises de una imagen con un valor (Umbral) de valores predeterminado.

Si el nivel de gris es menor que el umbral se le asigna el color negro o valor cero, en cambio al es mayor se le asigna el valor blanco o valor uno.

Esta es la manera que se obtiene una imagen en blanco y negro, el valor del umbral generalmente es de 128 y se trabaja con 255 niveles de escala de grises.



Fig. 2.2: Binarización de una Imagen
FUENTE: [PDFMACON01] pág. 5

2.1.2.2 MANIPULACIÓN DEL CONTRASTE

La manipulación de una imagen sirve para mejorar la calidad en la apreciación de los detalles para ello en base al análisis del histograma de la imagen se puede encontrar una función que cubra todo el conjunto de valores posibles de la imagen (niveles de gris), y mediante esta función manipular los valores antiguos y obtener nuevos valores de mejor calidad.

La función general se representa de la siguiente manera.

$$T(c) = A \frac{(c - a)}{(b - a)}$$

Dónde:

T(c) = función de contraste.

a = límite inferior.

b = límite superior.

c = valor de gris de la imagen original.

A = es el valor máximo que se desea que tengan los pixeles de la imagen.

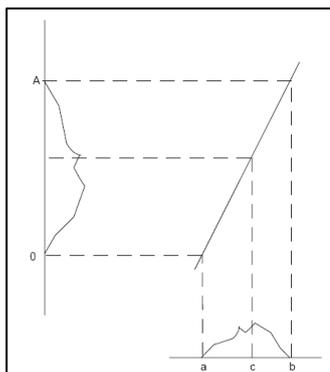


Fig. 2.3: Expansión del Histograma de la Imagen
 FUENTE: [PDFTECCCLASEGIM01] pág. 4

A esto también se denomina ecualización de la imagen lo que permite ver que la imagen ha mejorado pero conservando la misma información. La función general de la función es de la siguiente forma

$$y = T(x) = \begin{cases} \alpha x & 0 \leq x \leq a \\ \beta(x - a) + ya & a \leq x \leq b \\ \gamma(x - b) + yb & b \leq x \leq L \end{cases}$$

Dónde:

- y = nivel de gris de la imagen resultante.
- x = nivel de gris de la imagen original.
- α, β, γ = son las ganancias de cada tramo.
- a, b, L = intervalos de ganancia.

2.1.2.3 MODIFICACIÓN DEL CONTRASTE

La modificación de la imagen consiste en aplicar una función de la forma

$$p = m^a$$

Para cada uno de los pixeles de la imagen.

Dónde:

m = valor de gris de la imagen original
 p = nuevo valor de gris en la imagen resultante
 a = potencia a la que se eleva.

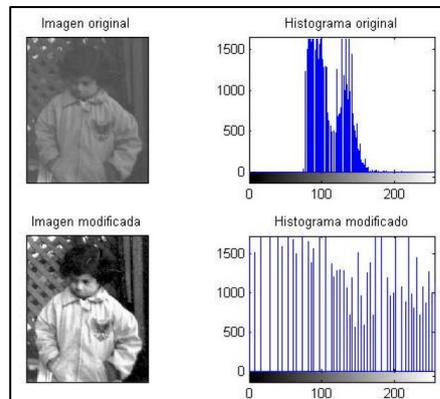


Fig. 2.4: Modificación de la Imagen
 FUENTE: [PDFPRODIIM02] pág. 8

Entre las transformaciones más usuales se encuentran:

Función inversa	$p = 255 - m$
Función cuadrada	$p = \frac{m^2}{255}$
Función cúbica	$p = \frac{m^3}{255^2}$
Función raíz cuadrada	$p = \sqrt{255m}$
Función raíz cúbica	$p = \sqrt[3]{255^2 m}$
Función logarítmica	$p = 255 \frac{\ln(1 + m)}{\ln(1 + 255)}$

Fig. 2.5: Funciones principales
 FUENTE: [PDFPRODIIM02] pág. 8

El valor de 255 sirve para delimitar el rango entre 0 y 255 en imágenes de 8 bits caso contrario este valor debe ser modificado.

2.1.2.4 MODIFICACIÓN DEL HISTOGRAMA

Sirve para modificar los valores de una imagen de forma global y conjunta, haciendo a que se ajuste a una forma predeterminada, esto se denomina ecualización del histograma.

La ecualización del histograma se trabaja sobre el histograma acumulado cuya función es:

$$H(i) = \sum_{k=0}^i h(k)$$

Si el histograma fuera totalmente plano sería:

$$G(i') = (i + 1) \frac{NM}{256}$$

Dónde:

M = dimensión horizontal de la imagen.

N = dimensión vertical de la imagen.

$$i' = \frac{256}{NM} H(i) - 1$$

Como los niveles de gris son números enteros entonces:

$$i \text{ nuevo} = \text{Parte Entera} \left[\frac{256}{NM} H(i \text{ anterior}) - 1 \right]$$

2.1.2.5 FILTRADO DE UNA IMAGEN

El filtrado es una técnica para mejorar la calidad de una imagen, este filtrado es una operación de vecindario el cuál el valor de un pixel en la imagen procesada es calculado mediante un algoritmo que toma en cuenta los valores de pixeles de la vecindad de la imagen original.

Estos filtros son:

- Filtros Lineales.
- Filtro pasa bajas Espaciales.
- Filtrado por la mediana.

2.1.2.5.1 FILTROS LINEALES ESPACIALES

El ruido de la imagen es un defecto de la imagen que se desea eliminar. Se supone que el ruido es una señal que se suma a la señal original.

$$f(x, y) = fo(x, y) + r(x, y)$$

El ruido siempre está presente y afecta a un pixel de manera aleatoria. Uno de los más frecuentes es el ruido Gaussiano y tiene una distribución normal de media cero y variancia típica.

2.1.2.5.2 FILTRO PASA BAJAS ESPACIALES

Consiste en disminuir la ganancia de las componentes de alta frecuencia. El filtro más sencillo tiene coeficientes unitarios en todos los elementos.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Fig. 2.6: *pixeles de la Imagen*
 FUENTE: [PDFTECCLASEGIM01] pág. 5

Si al resultado se le multiplica por un noveno, se obtiene la media de todos los pixeles y el ruido se disminuye, pero tiene una desventaja que este filtro supone que la influencia de todos los píxeles es igual. Otra consideración es que cuando un pixel esté más alejado del pixel central será menor.

1	1	1
1	2	1
1	1	1

1	2	1
2	4	2
1	2	1

Fig. 2.7: *Media Pixeles de la imagen*
 FUENTE: [PDFTECCLASEGIM01] pág. 5

En general el tipo de máscara es de la siguiente forma:

1	b	1
b	b^2	b
1	b	1

Fig. 2.8: *Máscara del Filtro pasa baja espacial.*
 FUENTE: [TECCLASEGIM01] pág. 5

2.1.2.5.3 FILTRADO POR LA MEDIANA

Este filtrado permite eliminar el ruido del tipo sal y pimienta, es decir elimina los puntos blancos y negros de una imagen.

La mediana se obtiene al ordenar las intensidades de los píxeles de la imagen de menor a mayor y el píxel que se encuentra en:

$$m = \frac{(n-1)}{2}$$

Por ejemplo:

Vecindad de x = [0,0,0,0,255,0,0,0,0]

La mediana es:

x = [0,0,0,0,0,0,0,0,255]

Vecindad de a = [0,0,0,0,22,10,0,0,0]

La mediana es

x = [0,0,0,0,0,0,0,10,22]

2.1.3 EXTRACCIÓN DE BORDES

El realce de bordes consiste en enfatizar o realzar píxeles que tienen un valor diferente. Es muy necesario eliminar previamente el ruido de la imagen ya que esta técnica la multiplicará.

Esta técnica aumenta la ganancia de las altas frecuencias de la imagen, la máscara que se utiliza es:

-1	-1	-1
-1	A	-1
-1	-1	-1

Fig. 2.9: Máscara del Filtro para extracción de bordes.
FUENTE: [PDFTECCLASEGIM01] pág. 5

$A = 9$
Ganancia = -1

2.1.4 SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

2.1.4.1 SEGMENTACIÓN DE IMÁGENES

Existen algunos métodos para realizar una segmentación de una imagen una de ellas es la “*Técnica de segmentación basada en movimiento*”. Este es un método potente de segmentación cuando existe un fondo estático y objetos en movimiento.

Consiste en restar dos imágenes la una con fondo y los objetos, y la otra el fondo sin los objetos, lo que da como resultado una imagen solo con los objetos. En este método la imagen del fondo sin los objetos significa que en el lugar de los objetos debería existir un fondo negro.

Esta técnica permitiría que:

Fondo – fondo = 0
Objetos – 0 = objetos

Por ejemplo:

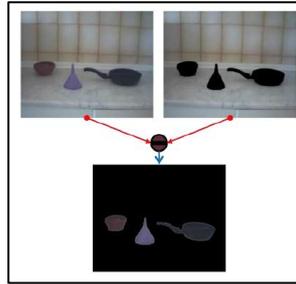


Fig. 2.10: Segmentación y procesamiento de las imágenes
FUENTE: [PDFPRODIIM01] pág. 15

2.1.4.2 PASOS PARA LA EXTRACCIÓN DE BORDES

Sabemos que en la realidad no sucede lo que necesitamos ya que las zonas de los objetos que deberían ser de color negro tenemos un fondo, para ello es necesario utilizar otros métodos auxiliares como explico en el siguiente gráfico.

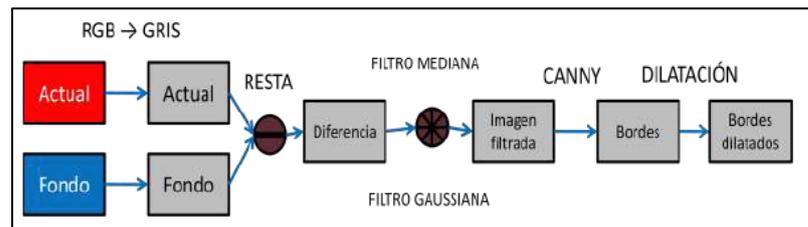


Fig. 2.11: Proceso extracción de Bordes
FUENTE: [PDFPRODIIM01] pág. 16

- En el primer paso lo que hacemos es convertir las dos imágenes a blanco y negro y poder obtener dos imágenes en escala de grises.
- Ahora con las dos imágenes en escala de grises procedemos a restarlas para obtener una imagen como resultado.

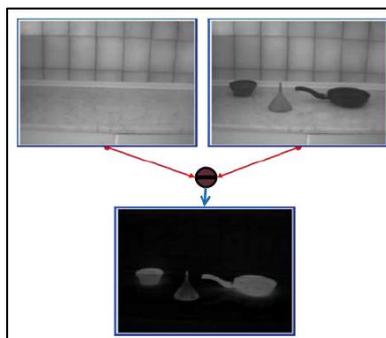


Fig. 2.12: Resta de las imágenes a escala de grises
FUENTE: [PDFPRODIIM01] pág. 17

- En la imagen resultante vamos a aplicarle dos filtros: el filtro de la mediana y el filtro de Gaussiana.
- Se aplica el filtro de la mediana para disminuir los detalles que aparecen en los objetos y eliminar las impurezas del fondo.
- El filtro de Gaussiana difumina los bordes que aparecen en la imagen para eliminar los bordes menos marcados como sombras.
- Luego del paso de estos dos filtros se procede ya a la extracción de los contornos de la imagen mediante el método de Canny.

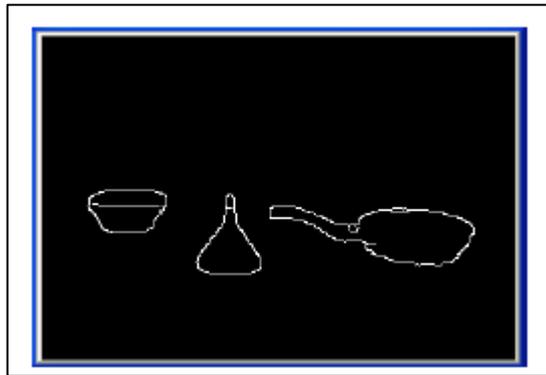


Fig. 2.13: Método de Canny
 FUENTE: [PDFPRODIIM01] pág. 18

2.2 ROBÓTICA

2.2.1 GENERALIDADES

Se le atribuye el término de la ROBOTICA a Issac Asimov por describir la tecnología de los Robots.

- El término Robótica puede ser definido desde diversos puntos de vista.
- Con independencia respecto a la definición de Robot.
- En base a su objetivo.
- En relación al término robot.

2.2.1.1 CON INDEPENDENCIA RESPECTO A LA DEFINICIÓN DE ROBOT.-

“La robótica es la conexión inteligente de la percepción a la acción”¹.

2.2.1.2 EN BASE A SU OBJETIVO.-

“La robótica consiste en el diseño de sistemas. Actuadores de Locomoción, manipuladores, sistemas de Control, sensores, fuentes de energía, software de calidad, todos estos sistemas deben ser diseñados para trabajar conjuntamente en la consecución de la tarea del Robot.”².

2.2.1.3 EN RELACIÓN AL TÉRMINO ROBOT.-

La robótica describe todas las tecnologías asociadas con los robots.

2.2.2 ¿QUÉ ES UN ROBOT?

La palabra Robot se escuchó por primera vez en el año 1921 viene de la palabra eslava ROBOTA que significa trabajo forzado.

El escritor de Checoslovaquia Karel Capek fue quien utilizó este término en su obra teatral Rossum’s Universal Robot (R.U.R) cuya trama era que el hombre fabrica al Robot y luego este aniquila a la Raza Humana.

Para los expertos en Robótica dar una definición Universalmente aceptada es muy complicada. Por lo cual se ha generado diferentes conceptos como los que mencionamos a continuación:

- Ingenio mecánico controlado electrónicamente, capaz de moverse y ejecutar de forma automática acciones diversas, siguiendo un programa establecido.

[1] [Michael Brady and Richard Paul, editors Robotics Research: The First International Symposium. The MIT Press, Cambridge MA, 1984]

[2] [Joseph L. Jones and Anita M. Flynn. Mobile robots: Inspirations to implementation. A K Peters Ltd,1993]

- Máquina que en apariencia o comportamiento imita a las personas o a sus acciones como en el movimiento de sus articulaciones.
- Un robot es una máquina que hace algo automáticamente en respuesta a su entorno.
- Un robot es un puñado de motores controlador por un programa u ordenador.
- Es cierto que el concepto de Robot es difícil de definir pero eso no impide que mundialmente se entienda que es un robot como lo afirma Joseph Engelberg padre de la robótica Industrial “Puede que no sea capaz de definirlo, pero sé cuando veo uno”.

2.2.3 TIPOS DE ROBOTS

Existen dos tipos de Robots:

- Autónomos.
- Teledirigidos.

2.2.3.1 ROBOTS AUTÓNOMOS

Los robots autónomos son aquellos que son capaces de tomar sus propias decisiones basados en la comprensión del entorno en que se encuentren.

2.2.3.2 ROBOTS TELEDIRIGIDOS

También llamados robots teleoperados. Hay muchos robots que no encajan en una definición precisa como los teleoperadores ya que estos pueden o no clasificarse como robots.

Estos son controlados remotamente por un operador humano, cuando son considerados como Robots se los llama Telerobots. Son usados en su mayoría para entornos peligrosos en el área Química y por la Fuerzas militares.

Dentro estos dos tipos de robots encontramos diversos subtipos como: articulados, móviles, Zoomórficos, andróides.

2.2.3.3 CLASIFICACIÓN DE LOS ROBOTS

Existen diferentes versiones de la clasificación de los robots, pero desde un punto muy general se pueden definir de la siguiente manera:

- Robots Androides.
- Robots Móviles.
- Robots Industriales.
- Robots Medicos.

2.2.3.3.1 ROBOTS ANDROIDES

Los robots androides son entes que se parecen y actúan como seres Humanos, estos robots sólo existen en la imaginación y en las películas de ficción.



Fig. 2.14: Robot Androide
FUENTE: [WEBTIRO01]

2.2.3.3.2 ROBOTS MÓVILES

Los robots móviles están provistos por patas, ruedas u orugas para poder desplazarse de acuerdo a su programación. Estos robots procesan la información obtenida por su sistema de sensores y realizan una acción determinada.

Son usados en las industrias para transporte de mercancías en cadenas de producción, en la investigación para lugares de difícil acceso o para sitios muy distantes como exploraciones espaciales o rescates submarinos.



Fig. 2.15: Robot Móvil
FUENTE: [WEBTIRO01]

2.2.3.3.3 ROBOTS INDUSTRIALES

Estos robots son entes mecánicos y electrónicos destinados a realizar de manera automática procesos de fabricación y de manipulación.

El Robot Industrial no surge de la tendencia o afición de crear un ente semejante al Hombre sino más bien de la necesidad, es decir la necesidad dio origen a la agricultura, la pesca, ganadería, luego se originó la revolución industrial con la máquina de vapor, y ahora las grandes máquinas automatizadas cubren grandes áreas de producción.

Los primeros robots industriales implementados en las industrias como en la automotriz fueron en el año de 1979.

Este tipo de Robots son más implementados en Japón y Estados Unidos siendo Japón el consumidor y fabricante número uno a nivel Mundial.

Es notable ver las diferencias entre estos dos países en la definición de un robot Industrial.

Mientras Que los Japoneses Dicen que un robot industrial es un dispositivo capaz de moverse de manera flexible de tipo análogo muy similar al que poseen los organismos vivos, con o sin funciones intelectuales, permitiendo respuestas a las órdenes humanas. Los Americanos en cambio dicen Un robot es un manipulador multifuncional y reprogramable diseñado para desplazar materiales de cualquier tipo por medio de movimientos programados de forma variable con el fin de realizar varias tareas.

La definición de los japoneses es muy amplia mientras que la de los de Estados Unidos es más concreta, por ejemplo un robot manipulador y controlado remotamente por un operador en Japón es considerado como Robot, en cambio en estados unidos no. Por ello en Japón muchos artefactos cotidianos son considerados como robots lo que ha permitido aceptar fácilmente en su cultura.

La definición De Estados Unidos es internacionalmente aceptada.



Fig. 2.16: Brazo Robótico KUKA
FUENTE: [WEBROINKU01]

2.2.3.3.4 ROBOTS MÉDICOS

Los Robots médicos son artefactos orientados a ayudar a las personas discapacitadas las cuáles se adaptan al cuerpo humano y están dotados de potentes sistemas de mando ya que se necesita precisión en los movimientos cuando suplen órganos o extremidades.



Fig. 2.17: Robot Silla de Ruedas
FUENTE: [WEBTIRO01]

2.2.4 TIPOS DE ROBOTS CON PATAS

También considerados como Robots Zoomórficos, tienen en su sistema de locomoción que imitan a diversos seres vivos.

Para la clasificación de robots en función de sus patas se los agrupa en cuatro grupos:

- Según el número de patas.
- Según el tipo de medio.
- Según el tipo de Actuador
- Según el tipo de control
- Según grados de libertad.

2.2.4.1 SEGÚN EL NÚMERO DE PATAS.

Los robots según el número de patas se subdividen en:

- **UNA PATA.-**

La arquitectura de este tipo de robots les permite desplazarse por saltos o impulsos ejercidos sobre la superficie.

- **DOS PATAS.-**

Este tipo de robots generalmente están orientados a simular el caminar de un ser humano, pueden desplazarse hacia adelante o hacia atrás y a los lados. Existe mucho desarrollo a nivel mundial principalmente en el área educativa.

- **TRES PATAS.-**

Los robots de tres patas son diseñados generalmente con dos patas hacia delante y la tercera sirve como apoyo y está ubicada hacia atrás. Su mecanismo es el más básico de los sistemas más estables con respecto al equilibrio del robot.

- **CUATRO PATAS.-**

Los robots de cuatro patas en su mayoría son inspirados en la manera de desplazarse de los mamíferos. Existen robots desde uno a tres grados de libertad en las patas.

- **SEIS PATAS.-**

Son los robots más populares por su estabilidad y por su velocidad, su diseño está inspirado en los insectos.

Estos robots también poseen grados de libertad que pueden ser de uno, dos o tres, incrementando su complejidad principalmente en la coordinación de todos estos movimientos.

- **OCHO PATAS.-**

Estos robots inspirados principalmente en las arañas son los más complejos por su combinación de movimientos y sus grados de libertad.

- **NUEVE PATAS O MÁS.-**

En esta sección constan los robots tipo cien pies, los cuales demanda una coordinación más compleja debido a sus innumerables patas que posee este robot.

2.2.4.2 SEGÚN EL TIPO DE MEDIO

A los robots se los puede clasificar según el medio donde se desempeñan, estos son:

- Movimiento en el espacio.
- Movimiento en el agua.
- Movimiento en el aire

2.2.4.2.1 MOVIMIENTO EN EL ESPACIO.

Estos robots dependen mucho del terreno donde se van a desplazar ya que existen suelos irregulares y regulares. Cuando el terreno es muy irregular demanda un diseño más complejo.

Es por ello que existen robots con patas y al final de cada pata ruedas, este tipo de robots son creados por la NASA para expediciones espaciales.

2.2.4.2.2 MOVIMIENTO EN EL AGUA.

Este tipo de robots con construidos con el objetivo de desplazarse en medios líquidos. Como por ejemplo robots submarinos, robots tipo bote.

Son más usados para investigaciones submarinas ya que permiten sumergirse a grandes profundidades donde el ser humano no ha llegado.

2.2.4.2.3 MOVIMIENTO EN EL AIRE.

Estos robots voladores son aplicados en diversos campos como para el estudio del clima, cartografía, actividades de volcanes y por los militares como robots espías.

Sus Aplicaciones son extensas así como la complejidad en su construcción.

2.2.4.3 SEGÚN EL TIPO DE ACTUADOR

A los robots se los clasifica por el tipo de energía que utiliza para realizar una acción:

- Eléctrico
- Neumático
- Hidráulico

2.2.4.3.1 ELÉCTRICO

Este tipo de robots son muy usados para trabajos duros como robots lavadores de piscinas, cortadores de césped.

Son fuertes debido a sus grandes motores eléctricos.

2.2.4.3.2 NEUMÁTICO

Son muy seguros y robustos pero son de poca exactitud. Estos robots son muy difíciles de controlar ya que la presión que ejerce el compresor es muy inexacta.

2.2.4.3.3 HIDRÁULICO

Se utilizan actuadores hidráulicos, estos ejercen presiones aplicando el principio de la prensa hidráulica de Pascal.

Se los controlan mediante servo válvulas que regulan el flujo de aceite que circulan por el pistón.

2.2.4.4 SEGÚN EL TIPO DE CONTROL

Los Robots pueden ser clasificados por el tipo de control que posean, estos son:

- Por programa.
- Semiautomático.
- Inteligente.

2.2.4.4.1 POR PROGRAMA

Este tipo de control es por medio de un computador. Se utiliza programación en base a algoritmos que permite dar las órdenes al robot.

Estos tipos de Robot son muy complejos ya que pueden tener funciones avanzadas como inteligencia artificial, sistemas expertos o inteligentes.

Generalmente se manipula los puertos de comunicación que posee un computador, el cual permitirá enviar y recibir señales desde el computador a robot.

2.2.4.4.2 SEMIAUTOMÁTICO

Este tipo de robot depende de la supervisión humana para poder ser accionado. Su control es amigable para la manipulación.

El robot depende completamente de un operador para que cumpla su objetivo.

2.2.4.4.3 INTELIGENTE.

Es un robot autónomo, el cuál en base a sensores realiza determinadas tareas. Este robot está previamente programado.

Recibe las señales de los sensores que se obtienen de su entorno, y el programa del robot se encarga de actuar en función de estas.

El programa debe ser manipulado por un experto cada vez que se requiera incrementar el número de sensores o que el usuario requiera que el robot realice alguna otra operación.

2.2.4.5 SEGÚN GRADOS DE LIBERTAD

En el caso de los robots con patas, las patas se diseñan según los terrenos en los que se va a mover el robot y también según los grados de libertad, estos son:

- Un grado.
- Dos Grados.
- Tres grados.
- Estructuras complejas.

2.2.4.5.1 UN GRADO

Son los robots más sencillos de construir en el campo de los robots con patas ya que son totalmente rígidos.

El actuador genera un solo tipo de movimiento, su uso es más orientado a hexápodos donde la pata central se encarga de subir y bajar al robot, mientras que las patas del exterior para el desplazamiento del robot.

Otro tipo de patas es la de tipo de semicircular y es muy utilizada principalmente en la subida de escalones.

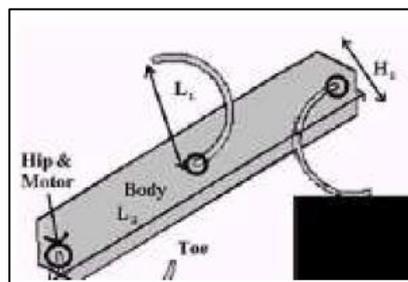


Fig. 2.18: Robot un movimiento
FUENTE: [WEBTIRO02]

2.2.4.5.2 DOS GRADOS

Estos robots con dos grados de libertad en las patas son muy usados en aplicaciones didácticas, aumentan el número de servomotores y poseen más combinaciones de movimientos.

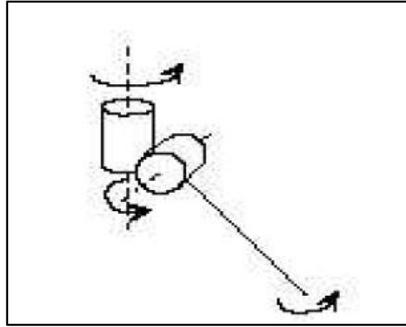


Fig. 2.19: Dos Grados
FUENTE: [WEBTIRO01]

2.2.4.5.3 TRES GRADOS

Estos son más complejos que los de dos grados de libertad ya que aumentan el número de servomotores en las patas, lo que conllevan a una programación más dificultosa para coordinarlos adecuadamente.

Con este tipo de robots se puede lograr muchos más movimientos.

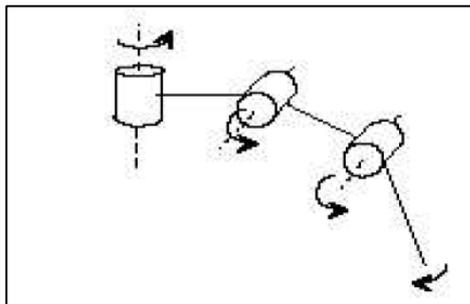


Fig. 2.20: Tres grados
FUENTE: [WEBTIRO01]

2.2.4.5.4 ESTRUCTURAS COMPLEJAS

El diseño de estos robots es mucho más complejo debido a la sofisticada estructura de patas, el control de ellas se realiza mediante algoritmos muy complicados, este tipo de robots van dotados de diferentes tipos de sensores que se ocupan de dar información del tipo de terreno que pisan, posibles obstáculos, con el fin de que el robot camine sin dificultad por diferentes tipos de terrenos.

2.2.5 ROBOTS ESCALADORES

La principal característica de un robot escalador es la de movilizarse en superficies inclinadas, superficies verticales o en lugares de precisión donde deba adherirse.

Los robots escaladores diferencian unos a otros debido a su arquitectura y principalmente por su sistema de adhesión que depende estrictamente del área donde va a desplazarse.

A continuación analizaremos los prototipos de robots escaladores realizados en algunas instituciones con diferentes tipos de aplicación.

2.2.5.1 ROBOT ESCALADOR ROWER

Este robot fue desarrollado en el año de 1997 para realizar soldaduras del doble fondo de los barcos ya que las malas condiciones de trabajo de los operarios como concentraciones de humo, oscuridad y la imprecisión de la soldadura permitieron resolver el problema con la construcción de un robot que posee un manipulador de seis grados de libertad para manipular la antorcha de soldadura. Además de poseer un sistema de visión estereoscópica y una estación de control para controlar los parámetros de soldadura.

Este robot es un cuadrúpedo con las patas de tipo SCARA que puede caminar a lo largo y ancho de la celda anclándose en los refuerzos de la estructura. Su tamaño es de 1380 * 550 * 250 mm.

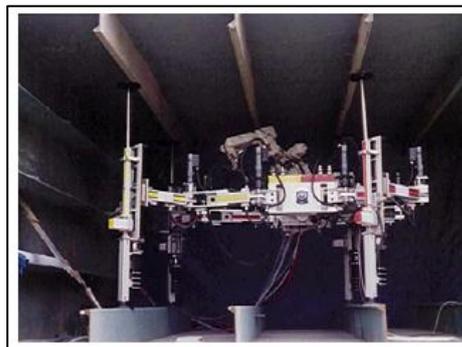


Fig. 2.21: Escalador Rower
FUENTE: [PDFDEROCAES01] pág. 05

2.2.5.2 ROBOT ESCALADOR REST

Construido en el año de 1997 y al igual que Rower fue construido para facilitar las labores de soldadura en las caras planas de los buques que se encuentran en el casco interior.

Este robot no utiliza ventosas en sus patas sino más bien electroimanes lo que le permite adherirse al casco del barco.

Tiene seis patas y mide aproximadamente 1100 * 490 * 230 mm, tiene seis patas y al igual que Rower son de tipo SCARA



Fig. 2.22: Tres grados
FUENTE: [PDFDEROCAES01] pág. 06

2.2.5.3 ROBOT ESCALADOR REST-2

Este Robot es de menor peso que su antecesor, sus patas consta de dos eslabones con un extremo común donde contiene una articulación prismática. Cada extremo libre de un eslabón se desplaza de forma horizontal a lo largo del robot, si los dos lados se desplaza al mismo sentido el robot puede desplazarse adelante o atrás. En cambio sí es en sentido contrario el robot podrá girar.

Las patas en sus terminales contienen electroimanes que permiten adherirse a las paredes metálicas. Posee cuatro patas, la dimensión aproximada de Robot es de 800*360*250 mm con un peso de 400kg.

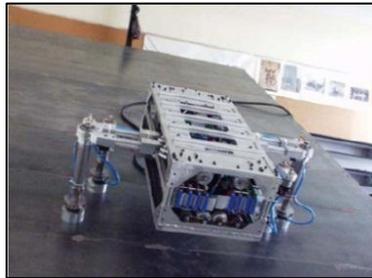


Fig. 2.23: Tres grados

FUENTE: [PDFDEROCAES01] pág. 08

2.2.5.4 ROBOT ESCALADOR ROSY

Robot System de Yberle Alemania, es un escalador de superficies que se desplaza por medio de unas copas de succión.

La función de este Robot es limpiar, inspeccionar y pintar ya que posee un completo kit de Herramientas montables. Sus movimientos son precisos y controlados.

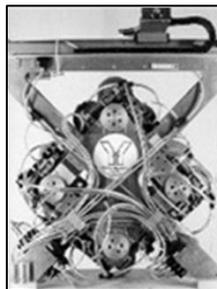


Fig. 2.24: Escalador Rosy

FUENTE: [PDFDEROCAES01] pág. 10

2.2.5.5 ROBOT ESCALADOR RACCOON

RACCOON es un robot arrastrado por cadenas utilizado para la limpieza de ventanas. Este robot pesa alrededor de 6,5 kg y su tamaño es de 400 * 300 mm.

Según su investigación de mercado indica que un robot escalador debería pesar menos de 1Kg y no exceder de un tamaño de una hoja de formato A4. Debido a su baja complejidad en el diseño de las copas de succión, es muy fácil de maniobrar.

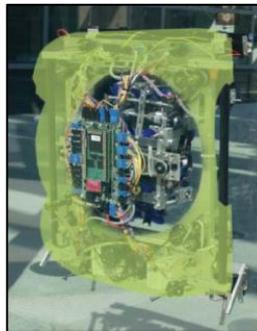


Fig. 2.25: Escalador Raccoon
FUENTE: [PDFDEROCAES01] pág. 10

2.3 ELECTRÓNICA BÁSICA

2.3.1 PARTES ELECTRÓNICAS

2.3.1.1 REGULADOR DE VOLTAJE

Los reguladores de voltaje son dispositivos electrónicos que permiten regular voltajes variables a un voltaje constante. Los voltajes de entrada son mayores al voltaje de salida. Existen dos tipos de reguladores de voltaje, los de voltaje positivo cuya nomenclatura son 78LXX y los de voltaje negativo cuya nomenclatura son 79LXX. Las siglas XX se remplazan por el valor de voltaje que se va a regular, por ejemplo si deseo regular a 5v positivo entonces necesito un regulador 78L05.

Teóricamente debería existir reguladores para cualquier voltaje que desee regular, lo cual no es cierto, en el mercado sólo existen los principales como son los de 5v, 8v, 12v, 15v, 18v, 24v tanto para voltajes positivos y negativos.

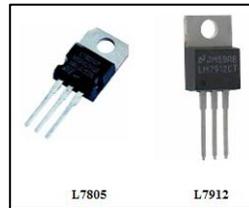


Fig. 2.26: Reguladores de Voltaje.
FUENTE: [WEBREVOLNE01]

2.3.1.2 CONDENSADORES

Un condensador es un dispositivo que almacena energía en forma de campo eléctrico. Está formado por dos armaduras metálicas paralelas de aluminio y son separadas por un material dieléctrico.

Existen algunos tipos como son:

- Condensador Electrolítico.
- Condensador Cerámico.
- Condensador de Tándalo.

2.3.1.2.1 CONDENSADOR ELECTROLÍTICO

Estos condensadores tienen el dieléctrico formado por un papel impregnado en electrolito. Siempre tienen polaridad y capacidad superior a 1 μF .



Fig. 2.28: Condensador Electrolítico
FUENTE: [WEBELECBAS01]

2.3.1.2.2 CONDENSADOR CERÁMICO

También llamados condensadores de lenteja estos son los más comunes y sus valores de capacidad están comprendidos entre 0.5 pF y 47 nF.



Fig. 2.29: Condensador Cerámico

FUENTE: [WEBELECTBAS02]

2.3.1.2.3 CONDENSADOR DE TÁNDALO

También llamados de gota, tienen como dieléctrico una finísima película de óxido de tantalio, que con un menor espesor tiene un alto poder aislante. Tienen polaridad y una capacidad superior a 1 μ F.

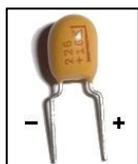


Fig. 2.30: Condensador de Tántalo

FUENTE: [WEBMUTRON01]

2.3.2 sensores y actuadores

2.3.2.1 sensores

Un sensor es un dispositivo diseñado para recibir información del mundo exterior, esta información puede ser medible mediante una magnitud del tipo longitud, temperatura, peso, etc.

Para construir el robot que actúe en el medio es indispensable utilizar sensores que aporten con información precisa y necesaria para el algoritmo de control, además de conseguir información del entorno por medio de sensores.

2.3.2.1.1 SENSORES DE PROXIMIDAD Y DISTANCIA.

El sensor de proximidad es un transductor que detecta objetos o señales que se encuentran cerca del elemento sensor.

Existen varios tipos de sensores de proximidad según el principio físico que utilizan.

2.3.2.1.1.1 INFRARROJO SHARP GP2Y0D81

Este sensor es inmune a interferencias de luz normal, lleva incluido en su carcasa un modulador y a través de su pata cuatro controlan un diodo led infrarrojo externo que modula la señal que se emitirá para ser captada por el receptor del dispositivo.

El uso de luz infrarroja modulada tiene como objetivo hacer al sensor inmune a interferencias causadas por luz normal.

Este sensor digital detecta objetos a una distancia entre 2 y 10 cm. Con su tiempo de respuesta rápido, pequeño tamaño y bajo consumo de corriente (5mA).

En la parte posterior de la PCB existe un led indicador que se enciende cuando el sensor detecta algo.

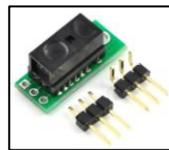


Fig. 2.31: Infrarrojo Sharp
FUENTE: [WEBPOLOLU01]

2.3.2.1.1.2 INFRARROJO CNY70

Es un sensor pequeño de forma de cubo con cuatro patitas, en cuyo interior aloja un diodo infrarrojo emisor y un fototransistor receptor. Ambos se encuentran en paralelo apuntando ambos a la misma dirección, se encuentran separados 2.8m.

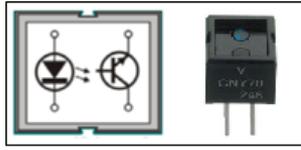


Fig. 2.33: Sensor CNY70
FUENTE: [WEBINFRA01]

El fototransistor conducirá más cuando capte más luz reflejada por el emisor, la salida de este sensor es análoga. Pero si se desea que su salida sea digital se podría poner un disparador Trigger Schmitt pero tiene un problema la sensibilidad del dispositivo no es ajustable.

Para ello la mejor solución es adaptar un amplificador operacional en modo de comparador. En este caso la sensibilidad del circuito ya es ajustable mediante una resistencia. La salida del LM358 varía de 0V en 0 lógico a 3.3V para 1 lógico. Son usados para robots seguidores de línea.

2.3.2.2 ACTUADORES

Un actuador es un dispositivo mecánico el cuál proporciona fuerza para mover otro dispositivo mecánico.

Existen de tres tipos: neumático, hidráulico y eléctrico los cuáles pueden ser Lineales y Rotatorios.

Los actuadores lineales generan fuerza en línea recta como lo realiza un pistón.

Los actuadores rotatorios generan una fuerza rotatoria como por ejemplo un motor. Estos actuadores rotatorios están en función a un ángulo de rotación lo que los define en actuadores de cuarto de vuelta, media vuelta y actuadores de multivuelta cuando es mayor a 360 grados.

En nuestro caso vamos a usar los actuadores rotatorios eléctricos que funcionan al ser energizados las bobinas.

El torque o fuerza del motor depende mucho de su caja reductora, es decir cuando se reduce la velocidad con un juego de engranes aumenta la fuerza.

2.3.2.2.1 SERVOMOTORES

Los servomotores son muy similares a las cajas de reducción con la diferencia que tiene un tercer cable para el control. Este permite ubicar el eje en diferentes posiciones.

El servomotor se compone de un motor de corriente continua, engranajes, un sensor de posición y un circuito electrónico, suelen estar limitados a 180 grados.

Los servomotores tienen tres cables, uno es para GND, otro para el voltaje que suele ser de 4.5v a 6v, y el de pulso de giro, el cual se controla por una onda con una serie de pulsos. La anchura de pulso marca la cantidad de giro que se desea que recorra.

El servomotor está formado por:

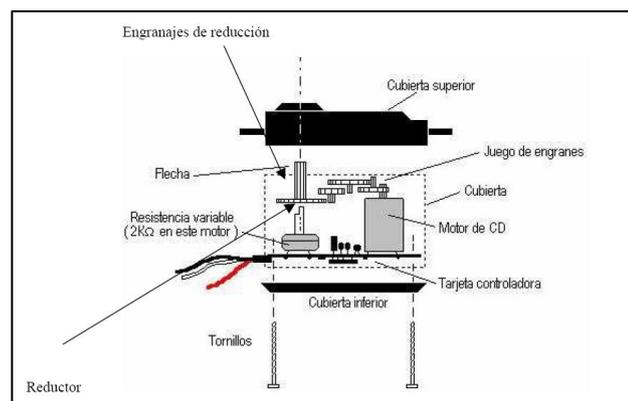


Fig. 2.35: Partes de un Servomotor
FUENTE: [WEBSERVO01]

2.3.2.2 MOTORES PASO A PASO

Son motores de corriente continua con múltiples bobinas que pueden ser unipolares o bipolares.

Su manejo electrónico se realiza mediante la polarización sincronizada de sus bobinas, su control se lo puede realizar mediante una etapa de potencia y un microcontrolador y un circuito dedicado.

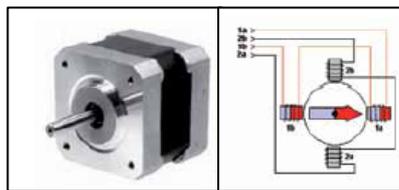


Fig. 2.36: Motor Paso a Paso
FUENTE: [WEBROBFAC01]

2.3.2.3 MOTORREDUCTORES

Son motores de corriente continua que poseen una caja reductora externa, no se puede controlar la posición de su eje, su manejo es mediante la polarización de su bobina, obteniendo un movimiento continuo en cualquiera de sus dos sentidos de giro.



Fig. 2.37: Motorreductor
FUENTE: [WEBROBFAC01]

2.3.3 MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador es un circuito integrado que tiene características muy similares a un pequeño computador.

Está compuesto por tres partes, un procesador, memoria, y periféricos.

Existen microcontroladores de todo tipo y capacidad en el mercado cuyas marcas más populares son:

2.3.3.1 MICROCONTROLADOR PIC

Los PIC son microcontroladores tipo RISC fabricados por la empresa Microchip Technology Inc. El primer PIC1650 fue desarrollado por la división de microelectrónica de General Instrument. El nombre completo de estos microcontroladores es PICmicro, las siglas PIC significa Controlador de interfaz periférico.



Fig. 2.38: Microcontrolador PIC
FUENTE: [WEBPROELEC01]

2.3.3.2 MICROCONTROLADOR AVR

Los AVR son microcontroladores tipo RISC de la fábrica ATMEL. Las principales familias son: ATXmega, ATmega y ATtiny.



Fig. 2.39: Microcontrolador AVR
FUENTE: [WEBMICRO01]

2.3.3.3 MICROCONTROLADOR MOTOROLA

La familia más popular de la marca Motorola son los 68HCxx, son mucho más costosas que los AVR y PIC, tienen una arquitectura Von Neumann.

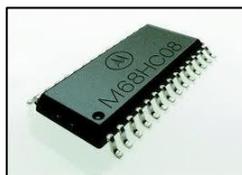


Fig. 2.40: Microcontrolador Motorola
FUENTE: [WEBMCU01]

2.3.3.4 MICROCONTROLADOR SIEMENS

El Siemens SAB80C515 es una versión mejorada del básico microcontrolador 8051, es de tecnología CMOS es un excelente ahorrador de energía y versátil convertidor análogo a digital.



Fig. 2.41: Microcontrolador Siemens
FUENTE: [WEBMICRO01]

2.3.4 COMUNICACIÓN CON XBEE

2.3.4.1 XBEE Y XBEEPRO

Los módulos Xbee construidos por la firma Maxteam fueron diseñados expresamente para pertenecer al protocolo Zigbee cuyas principales características son bajo costo y bajo consumo. Existen dos tipos Xbee y XbeePro cuya diferencia principal es el alcance. Xbee tiene un alcance máximo de 100 metros en campo libre y de 30 metros en ambientes interiores cuando hay objetos en su paso como paredes.



Fig. 2.42: Módulo XBEE
FUENTE: [XBEE01]

Potencia de Salida de transmisión	1mW
Corriente	<10uA
Frecuencia	2.4Ghz
Velocidad de datos en RF:	250.000 bps

Fig. 2.43: Características XBEE
FUENTE: [XBEE01]

XbeePro tiene un alcance máximo de 1200 metros en campo libre y de 300 metros en ambientes interiores.

Potencia de Salida de transmisión	100mW
Corriente	<10uA
Frecuencia	2.4Ghz
Velocidad de datos en RF:	250.000 bps

Fig. 2.44: Características XBEEPro
FUENTE: [XBEE01]

Las dos versiones permiten realizar diferentes tipos de topologías de redes como por ejemplo punto a punto o punto a multipunto.

2.4 MECÁNICA

2.4.1 ENGRANES

Los engranes permiten aumentar la fuerza del motor y al mismo tiempo disminuye la velocidad. La ganancia en fuerza se pierde en distancia.

Existen diferentes tipos de engranajes entre los principales están:

- Ruedas dentadas.- Son las que permiten el cambio de fuerza.
- Cremalleras y piñones.- Son las que permiten el cambio de rotación a movimiento lineal.
- Gusanos. - Reducen la velocidad enormemente.

Las combinaciones de engranes permiten modificar la fuerza y la velocidad del motor. Es decir la fuerza tangencial que existe en el extremo del engrane es igual al producto del radio y su par:

$$f = r \times t$$

Si el motor1 tiene un engrane de radio1 (r_1) con un par1 (t_1) genera una fuerza t_1/r_1 y si se mezcla con un motor2 que genera una fuerza t_2/r_2 se generará un par de sistemas.

$$t_2 = t_1 \times \frac{r_2}{r_1}$$

Esta ley física depende Si $r_2 > r_1$ el par aumenta o si $r_2 < r_1$ el par disminuye.

La velocidad depende también del radio de los engranajes por ejemplo si engrane1 = 2 y engrane2 = 4 entonces engrane2 debe girar el doble de velocidad.

Si se desea reducir en relación 3 a 1, entonces del motor debe estar conectado a un engrane de ocho dientes y este conectarse a otro de 24, se reducirá la velocidad a la tercera parte y se aumentará la fuerza tres veces.

CAPÍTULO III

DISEÑO

ROBOT ESCALADOR

3 DISEÑO DEL ROBOT ESCALADOR

Todo el sistema robótico está conformado por el robot escalador y el sistema informático, los cuales intercambian información mediante una comunicación inalámbrica.

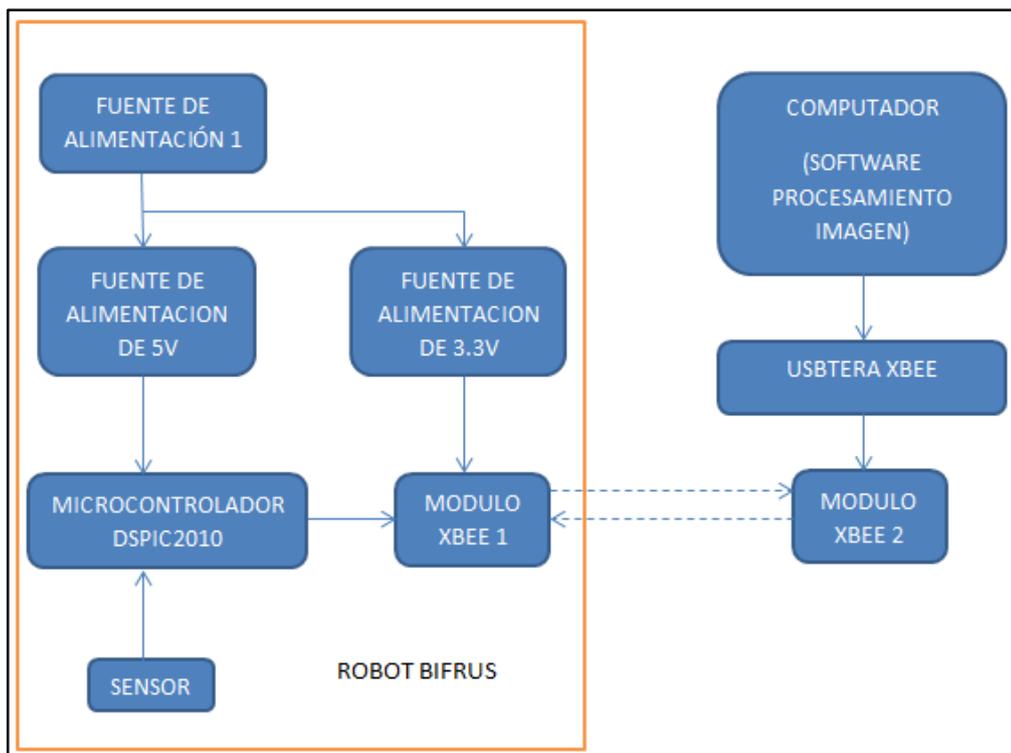


Fig.3.1: Diagrama de Bloques Sistema Robótico
FUENTE: [PROPIA]

Para el diseño del sistema Robótico se dividió en tres partes:

- Diseño Mecánico del Robot escalador Bifrus.
- Diseño Electrónico del Sistema Robótico.
- Diseño Software Bifrus.

3.1 DISEÑO MECÁNICO DEL ROBOT ESCALADOR BIFRUS.

Para el Diseño mecánico se ha realizado un estudio previo de robots escaladores de ventanas.

Este estudio se ha basado en pequeños robots que no dependen de actuadores o máquinas externas para cumplir con la acción de escalado como detallo a continuación:

- Robot Vertibot
- Robot Stickybot Geco

3.1.1 ROBOT VERTIBOT

Este Robot, es un pequeño escalador bípedo de 15cm de alto. Su sistema mecánico sólo posee un motor con una caja de reducción para realizar la traslación a través del vidrio.

La caja de engranes es muy complejo, ya que permite realizar la acción de succión y de traslación de manera sincronizada y con un solo motor. Este robot es muy liviano tiene un peso de 115gramos.



Fig.3.2: Robot Vertibot
FUENTE: [PROPIA]

3.1.2 ROBOT STICKYBOT GECO

Este robot es tal vez el más avanzado de los escaladores que no dependen de un actuador o compresor externo. Fue desarrollado en la Universidad de Stranford con un estudio de cinco años.

Su estructura es muy similar a la de una lagartija y posee doce servomotores, esto lo hace tener un peso aproximado de 750 gramos, haciéndolo muy pesado.

Lo peculiar de este robot es que no funciona con ventosas, sino más bien con un material altamente viscoso. Este material es una sustancia química llamada Vitaflex60 usado generalmente en el teatro y cine para la creación de efectos especiales.

Al secarse forma una superficie tipo tela que se adhiere fuertemente en cualquier superficie sea porosa o liza. Este robot puede escalar paredes, vidrios, puertas, etc.

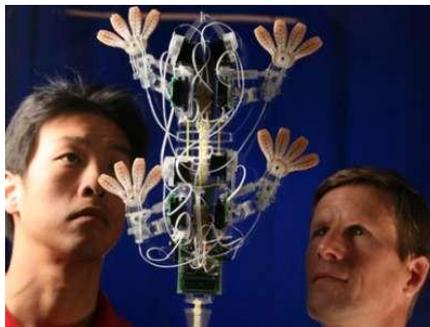


Fig.3.3: Robot Escalador Stickybot
FUENTE: [WEBSTICKY01]

A partir de estos estudios se procedió a realizar dos prototipos anteriores a BIFRUS, los cuales detallo en Anexo#1.

En base a las experiencias anteriores se tomará en cuenta los siguientes puntos para el Diseño del Robot:

- El robot debe ser lo más liviano posible.
- La estructura del robot debe estar muy cerca a la superficie del vidrio.
- El robot no debe depender de máquinas externas para mantenerse adherido al vidrio.
- Se deberá tratar que el robot sea modular para facilitar la manipulación por parte del operario.
- El tamaño del robot debe ser pequeño para no complicar su transportación.

3.1.3 ANALISIS FISICO DEL ROBOT EN EQUILIBRIO

Se toma en cuenta la distribución del peso del robot en posición vertical para encontrar el punto de equilibrio en relación a la superficie del vidrio.

El robot cuando está adherido en la superficie del vidrio se encuentra en equilibrio según la tercera ley de Newton. Es decir que la sumatoria de fuerzas es igual a cero.

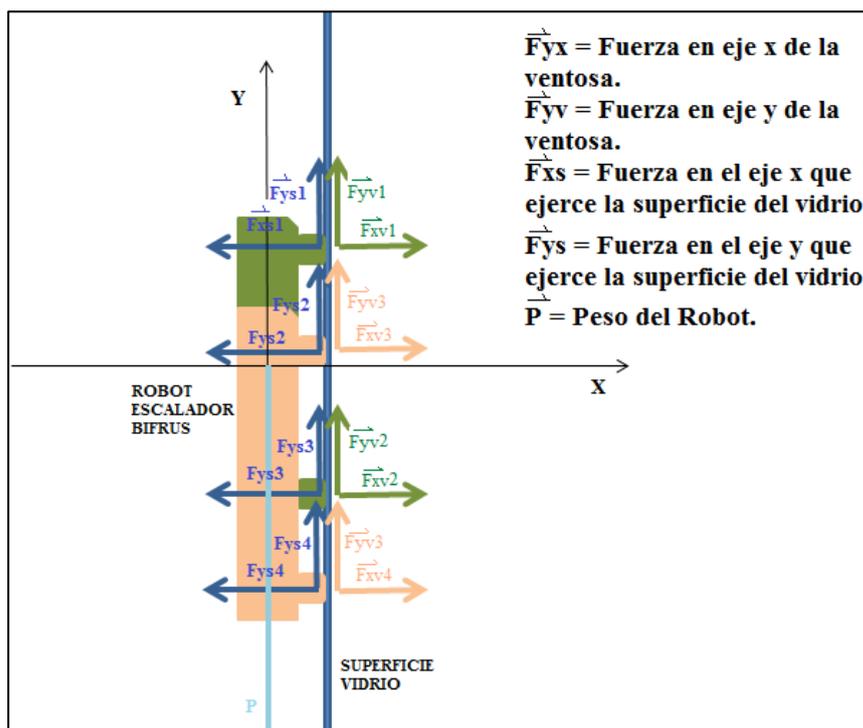


Fig.3.4: Sumatoria de fuerzas Robot Bifrus
FUENTE: [PROPIA]

Las cuatro ventosas ejercen fuerza sobre la superficie del vidrio permitiendo equilibrar al robot en relación con la superficie.

$$\sum \vec{F} = 0$$

Todas las fuerzas deben ser expresadas tanto en eje x como en el eje y. La sumatoria de fuerzas es igual a la suma de las fuerzas tomando en cuenta sus sentidos.

$$\sum \vec{F}_x = 0$$

$$\vec{F}_{xv1} + \vec{F}_{xv2} + \vec{F}_{xv3} + \vec{F}_{xv4} - \vec{F}_{xs1} - \vec{F}_{xs2} - \vec{F}_{xs3} - \vec{F}_{xs4} = 0$$

$$\vec{F}_{xv1} + \vec{F}_{xv2} + \vec{F}_{xv3} + \vec{F}_{xv4} = \vec{F}_{xs1} + \vec{F}_{xs2} + \vec{F}_{xs3} + \vec{F}_{xs4}$$

Fig.3.5: Fuerzas en equilibrio en eje x
FUENTE: [PROPIA]

$$\sum \vec{F}_y = 0$$

$$\vec{F}_{yv1} + \vec{F}_{yv2} + \vec{F}_{yv3} + \vec{F}_{yv4} - \vec{F}_{ys1} - \vec{F}_{ys2} - \vec{F}_{ys3} - \vec{F}_{ys4} - p = 0$$

$$\vec{F}_{yv1} + \vec{F}_{yv2} + \vec{F}_{yv3} + \vec{F}_{yv4} = \vec{F}_{ys1} + \vec{F}_{ys2} + \vec{F}_{ys3} + \vec{F}_{ys4} + p$$

Fig.3.6: Fuerzas en equilibrio en eje y
FUENTE: [PROPIA]

El peso cumple un factor fundamental en esta ley ya que si este incrementa de manera considerable, el cuerpo ya no estaría en equilibrio.

El peso es una variable en donde podemos calcular el peso máximo que soportan las ventosas. Es decir el peso total del robot es igual al peso del robot más el peso de sus accesorios, donde los accesorios es la variable que se manipulará para encontrar el valor máximo.

$$P_t = P_r + P_a$$

Fig.3.7: Ecuación peso total robot
FUENTE: [PROPIA]

Dónde:

Pt = Peso total

Pr = Peso Robot

Pac = Peso de accesorios

3.1.4 ANÁLISIS FÍSICO DEL ROBOT EN MOVIMIENTO

El robot se trasladará por la superficie de un vidrio vertical por lo que es conveniente analizar físicamente al robot en diferentes instantes de movimiento.

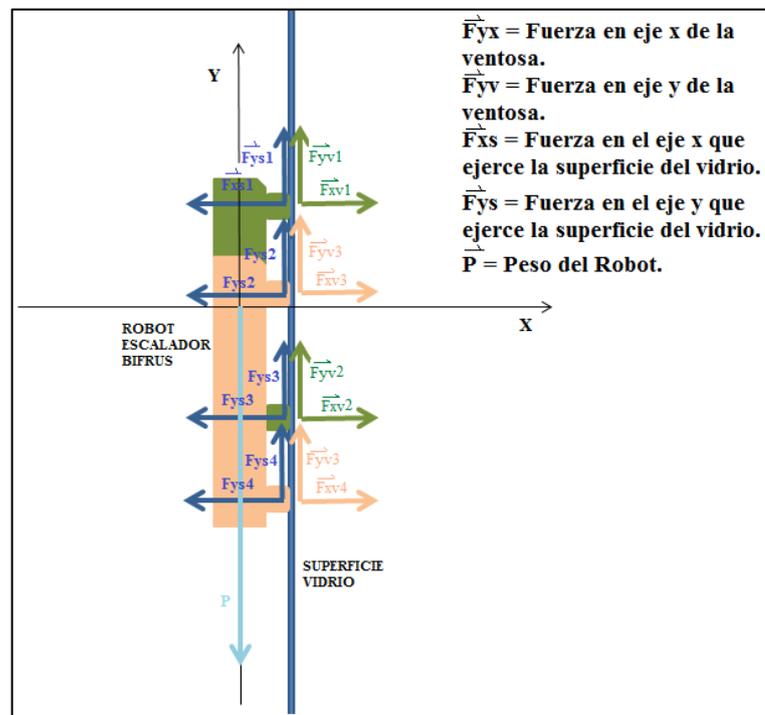


Fig.3.8: Instante con cuatro ventosas
FUENTE: [PROPIA]

En un inicio todas las cuatro ventosas estarán ejerciendo una sumatoria de fuerzas de succión sobre la superficie del vidrio Fig.3.8.

Al transcurrir un tiempo determinado, el robot se desplaza hacia arriba, despegando las ventosas de los pies, quedando únicamente las ventosas del cuerpo pegadas al vidrio reduciendo la sumatoria de fuerzas de succión a la mitad.

Esto aumenta la probabilidad que el robot se despreque y caiga, ya que el peso ha aumentado en relación a las fuerzas de succión.

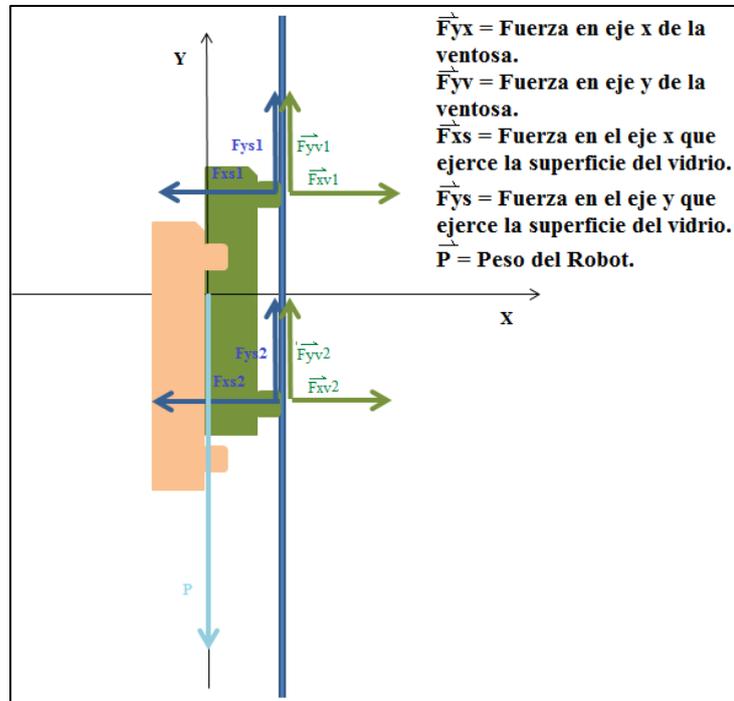


Fig.3.9: Instante con dos ventosas
FUENTE: [PROPIA]

Como observamos en la figura Fig.3.9 luego de cierto tiempo se encuentran sólo dos ventosas sujetas al vidrio, mientras que las otras dos se encuentran en el aire.

Analizando detalladamente:

Podemos observar que el robot cambia su punto de equilibrio al momento de desplazarse.

El centro de gravedad del robot se mueve cada vez que el robot levanta sus patas, produciendo un movimiento u oscilación en el robot.

Este movimiento puede afectar directamente al desplazamiento del robot Bifrus. Pudiendo ocasionar que se despeguen las ventosas de la superficie del vidrio.

En este punto existirán dos aspectos que afectarían directamente al desplazamiento del robot.

- Cambio del centro de gravedad al existir desplazamiento del robot.
- Reducción de la sumatoria de fuerzas de succión al desplazarse el robot.

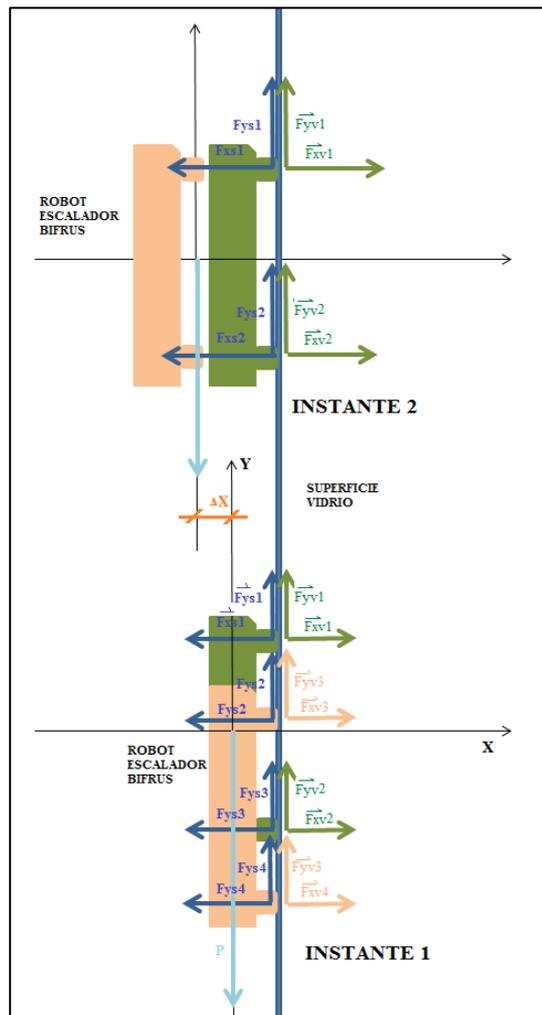


Fig.3.10: Dinámica del Robot
FUENTE: [PROPIA]

Como se observa en la fig. 3.10 al moverse el robot a través del área del vidrio existe un desplazamiento ΔX cuando separa las patas de la superficie. Este desplazamiento mueve el centro de gravedad de manera oscilatoria.

Este efecto produce un movimiento que afecta directamente a las fuerzas de succión de las ventosas.

Para solucionar estos aspectos se tomará en cuenta la naturaleza de ciertos animales escaladores, los cuáles poseen movimientos muy similares al desplazarse.

Según la estructura de las lagartijas, la cola sirve para concentrar el peso en una sola dirección y empujar el cuerpo hacia la superficie, logrando distribuir las fuerzas en todo el cuerpo, esto permite que el animal no se caiga hacia atrás.

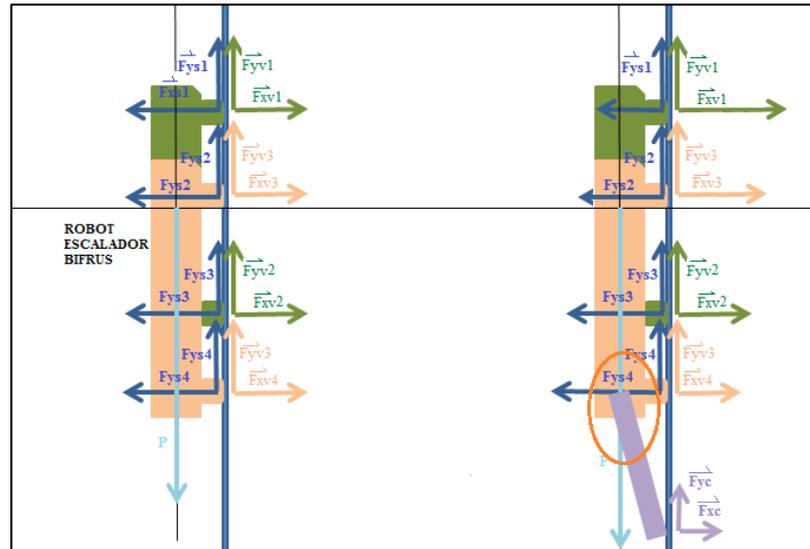


Fig.3.11: Robot Bifrus con cola
FUENTE: [PROPIA]

Se puede apreciar en la fig. 3.11. La distribución del peso mejora en la parte inferior del robot ya que existe mayor área. También al mismo tiempo la cola ejerce una fuerza sobre el área del vidrio mejorando la posición del robot en la parte superior, es decir en la parte superior las ventosas ejercen más fuerza sobre el vidrio.

En la parte inferior del robot a la altura de la cola la fuerza de repulsión se incrementa disminuyendo la fuerza de la ventosa. Es por esta razón que las lagartijas poseen más fuerza en sus patas traseras.

Para solucionar este problema aumentaremos el número de ventosas en la parte inferior del mismo.

Las lagartijas poseen una cola larga en relación a su cuerpo, esto es porque mientras más área tenga en la cola tendrá mejor distribución del peso y la fuerza necesaria para mantener el equilibrio es menor. Aplicando esta característica para nuestro robot se obtiene el siguiente análisis.

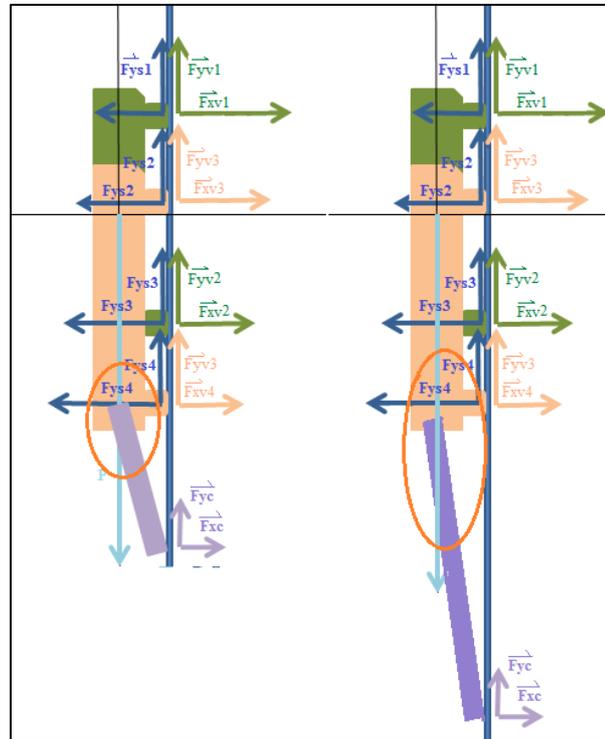


Fig.3.12: Comparación cola Bifrus
FUENTE: [PROPIA]

En la fig.: 3.12 se observa que el área del robot se incrementa y al mismo tiempo el punto de equilibrio es más lineal. Por tanto para nuestro robot es necesaria una cola larga para mejorar el sistema de traslación.

Luego del estudio físico se procederá al diseño mecánico, se lo realizará en tres partes:

- Diseño del Sistema de traslación del Robot.
- Diseño de la Estructura del Robot.
- Diseño del Sistema de Ventosas.

3.1.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN DEL ROBOT.

Para el sistema de traslación del robot se tomará en cuenta que el mecanismo debe presionar las ventosas sobre la superficie del vidrio y luego mientras se desplaza hacia adelante debe levantar las ventosas.

Esta acción se debe realizar consecutivamente para que el robot se desplace a lo largo del vidrio. Esta actividad permitirá que el robot pueda dar pasos consecutivos.

En los ejes de la caja de reducción se diseñará la adaptación que permitirá cumplir esta acción.

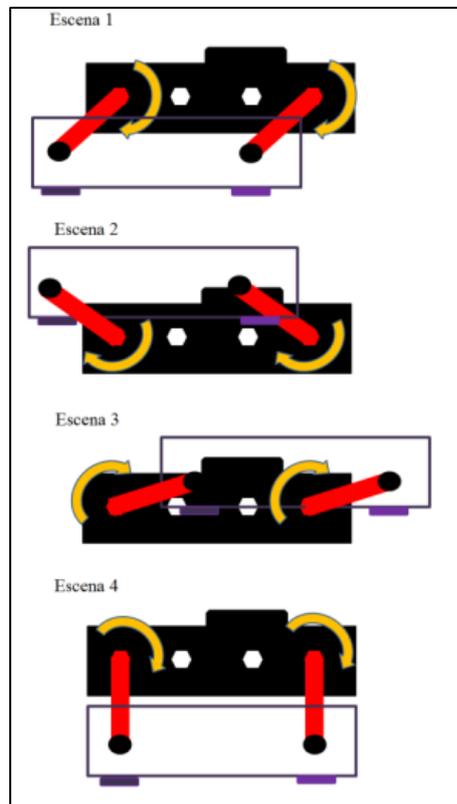


Fig.3.13: Movimiento de traslación del Robot Bifrus
FUENTE: [PROPIA]

La vista superior del sistema de movimiento permite apreciar la adaptación que se realizará.

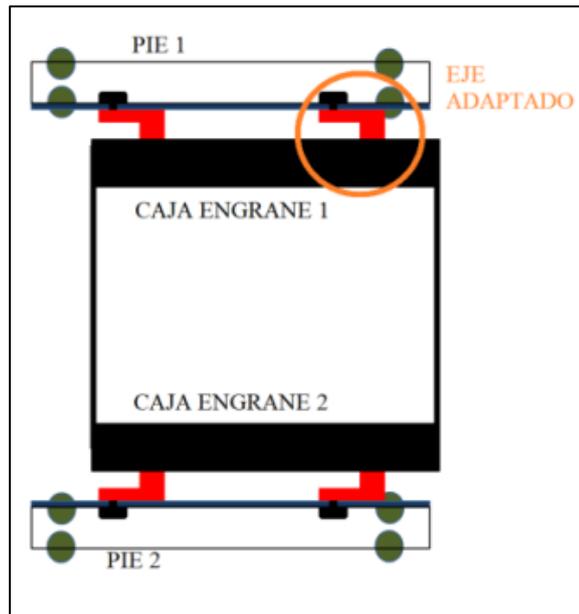


Fig.3.14: Movimiento de traslación del Robot Bifrus
FUENTE: [PROPIA]

Las medidas del eje de adaptación son las siguientes:

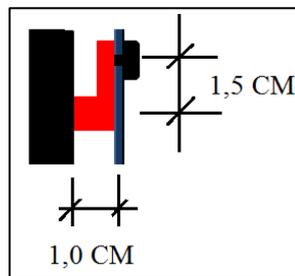


Fig.3.15: Medidas del Eje
FUENTE: [PROPIA]

3.1.5.1 DISEÑO CAJAS DE REDUCCIÓN.

Para aumentar la fuerza de las cajas de reducción se reemplazará el motor dc de la caja por un servomotor destruncado. Esto permitirá que la caja de reducción incremente su fuerza, debido a que el servomotor posee su propio sistema de engranes y al ser sumado con los engranes de la caja reductora aumentan la fuerza de torque. Esto es en base a la teoría física que dice “a menor radio mayor fuerza en el arco” por tanto la fuerza se incrementaría, ahora se procederá a realizar los cálculos.

3.1.5.1.1 CÁLCULOS CAJA REDUCTORA.

DATOS INICIALES

SERVOMOTOR:

Torque = 3,5 Kg/cm

$V_s = 70$ rpm

CAJA REDUCTORA:

$N_{dp} = 10$ dientes

$N_{dg} = 40$ dientes

DÓNDE:

N_{dp} = Numero de dientes engrane pequeño.

N_{dg} = Numero de dientes engrane grande.

V_s = Revoluciones del servomotor.

SOLUCIÓN

CÁLCULO DE LA RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

$$i = \frac{N_{dg}}{N_{dp}}; i = \frac{40}{10}; i = 4$$

La relación del incremento de fuerza de torque de la caja de reducción es de 4 a 1. Es decir la relación de transmisión se incrementará cuatro veces.

CÁLCULO DEL TORQUE

$$T_c = 3,5 \times 4; T_c = 14 \frac{Kg}{cm}$$

La caja de reducción adaptada con un servomotor incrementa la fuerza de torque a 14Kg/cm.

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE LA CAJA DE REDUCCIÓN

$$w1 \times z1 = w2 \times z2;$$

$$70 \times 10 = w2 \times 40;$$

$$w2 = \frac{700}{40};$$

$$w2 = 17,5 \text{ rpm.}$$

Es decir que al aumentar la fuerza de torque disminuye la velocidad a 17,5 rpm. Esta velocidad es lenta pero es ideal para que el robot realice el lavado del vidrio.

3.1.6 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL ROBOT.

Se realizará el diseño de la estructura del Robot en el programa ADOBE ILLUSTRATOR de la colección ADOBE CREATIVE SUITE CS5 por las bondades que ofrece para la elaboración de diseños con magnitudes vectoriales.

Este programa genera un archivo tipo *nombre.ai* que es compatible con cualquier máquina cortadora Láser siempre y cuando sea guardado en formato para ADOBE ILLUSTRATOR 10.

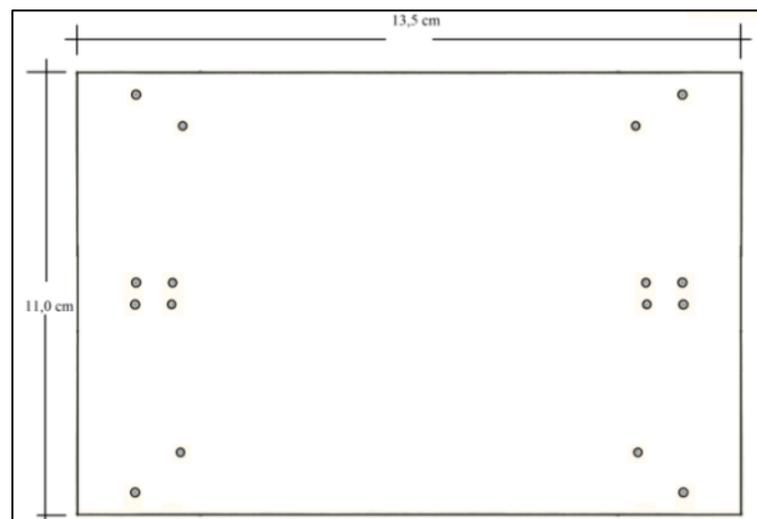


Fig.3.16: Base del Robot Bifrus

FUENTE: [PROPIA]

Para el diseño de los pies se tomará en cuenta la ubicación de los ejes de la caja de reducción y para luego realizarlo en adobe Illustrator.

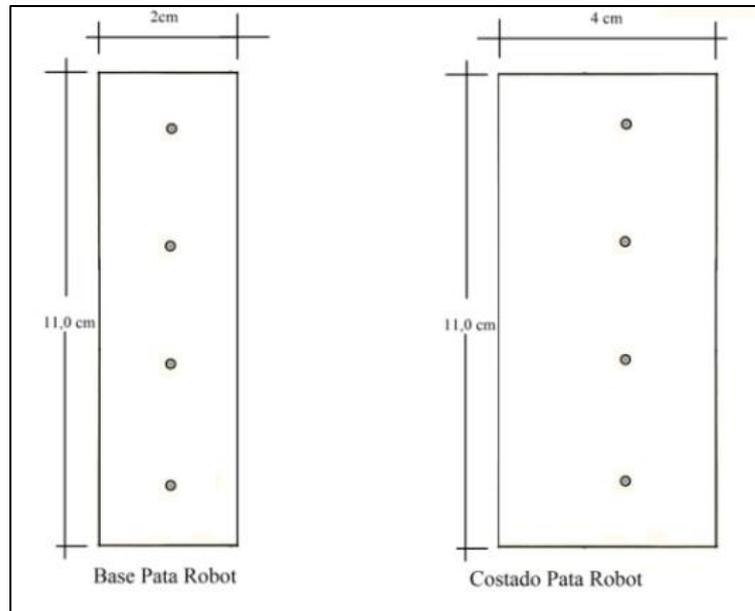


Fig.3.17: Base del Robot Bifrus
FUENTE: [PROPIA]

El diseño de la cola se lo realizará por partes para ensamblarlas acorde al tamaño del robot.

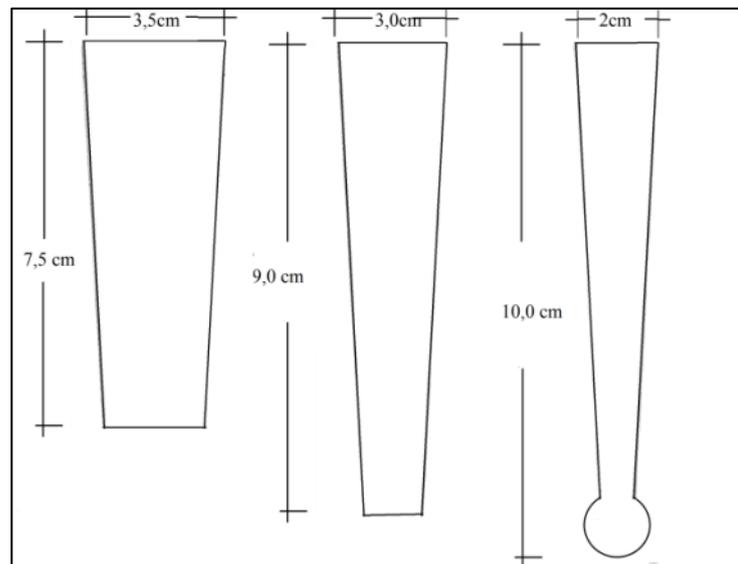


Fig.3.18: Cola Robot Bifrus
FUENTE: [PROPIA]

3.1.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE VENTOSAS.

Las miniventosas serán ubicadas estratégicamente en el cuerpo del robot y en las patas, en base al equilibrio del robot y en función de las fuerzas de concentración del cuerpo.

Según el estudio de fuerzas obtenido a través de un diagrama del robot o cuerpo en estado libre obtenemos lo siguiente.

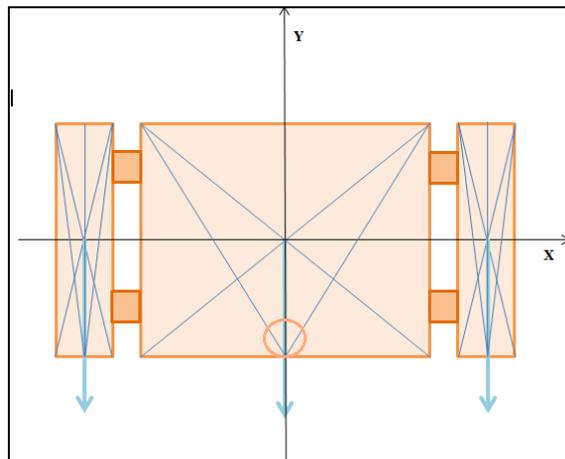


Fig.3.19: Distribución Fuerzas robot Bifrus
FUENTE: [PROPIA]

En función al diagrama se colocará las ventosas de manera homogénea.

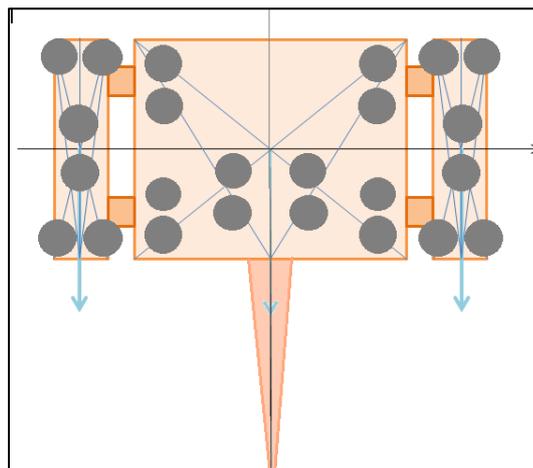


Fig.3.20: Distribución miniventosas
FUENTE: [PROPIA].

3.2 DISEÑO ELECTRÓNICO

El diseño electrónico del sistema se divide en dos partes:

- Placa USBTera2.0.
- Placa de control Robot BIFRUS.

Para el diseño de las placas de control se lo realiza por etapas y son:

- Diagrama de Bloques.
- Diseño Esquemático.
- Diseño Tablero.

3.2.1 DIAGRAMA DE BLOQUES USBTERA2.0

La placa electrónica USBTERA2.0 se encargará de enviar y recibir los datos del Robot al PC. La conversión Serial a USB es controlada por un microcontrolador ATtiny, donde recibe los datos vía Serial y crea un COM virtual en la Laptop utilizando el puerto USB.

El siguiente diagrama de bloques explicaría cada uno de sus componentes.

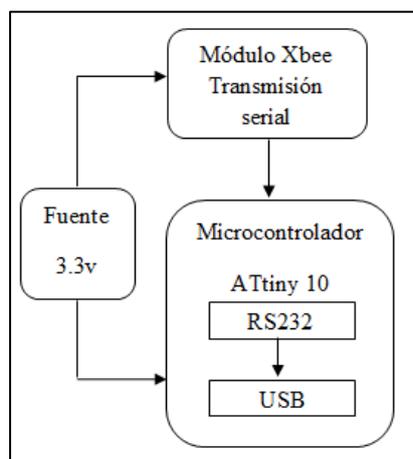


Fig.3.21: Diagrama de Bloques USBTERA2.0
FUENTE: [PROPIA].

3.2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES ROBOT BIFRUS.

Esta placa electrónica se encargará de enviar y recibir la información desde el PC al Robot por medio de la transmisión de los módulos Xbee, estos enviarán los datos por vía inalámbrica por puerto serial. Un microcontrolador DSPIC2010 de Microchip se encargará de enviar las señales.

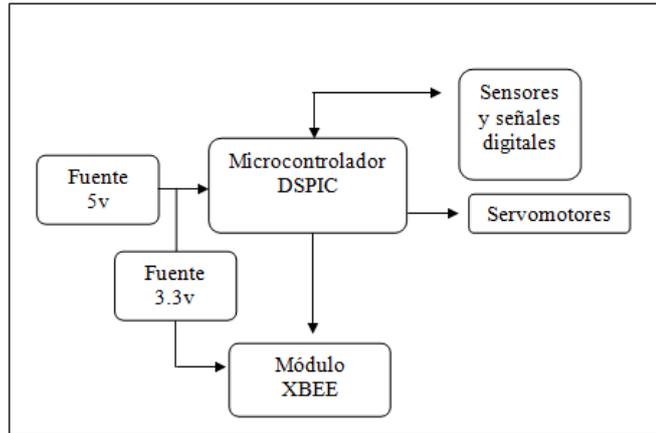


Fig.3.22: Diagrama de Bloques Placa de Control Robot BIFRUS
FUENTE: [PROPIA].

Este diseño se elaboró en base a la configuración del Microcontrolador DSPIC2010 ya que posee la suficiente memoria y velocidad para procesar la señal del sensor, el control de los servomotores y la señal del módulo XBEE.

3.2.3 DISEÑO ESQUEMÁTICO PLACA USBTERA2.0

El diseño esquemático se lo realizará en el Programa EAGLE versión 5.6.0 de la firma CadSoft.

Este programa posee casi todas las librerías de elementos electrónicos que existen en el mercado. Además la ventaja de este Programa es que posee un motor veloz y potente para crear las rutas de las pistas.

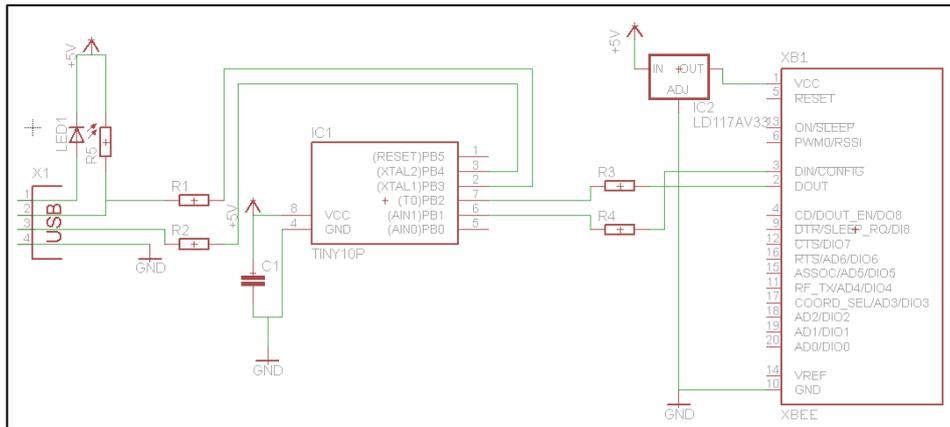


Fig.3.23: Diseño Esquemático USB TERA 2.0
FUENTE: [PROPIA].

3.2.4 DISEÑO ESQUEMÁTICO PLACA DE CONTROL BIFRUS

Para el diseño esquemático del circuito de la placa de control se tomará en cuenta la configuración de los pines del microcontrolador DSPIC.

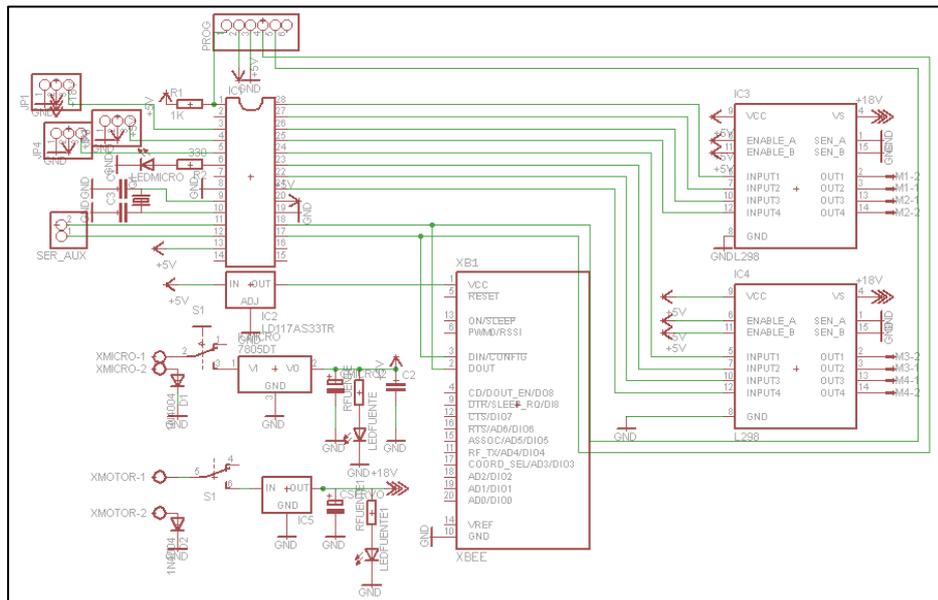


Fig.3.24: Diseño Esquemático Placa de Control Robot BIFRUS
FUENTE: [PROPIA]

3.2.5 DISEÑO TABLERO PLACA USBTERA2.0

El diseño tablero es el ruteado de la placa o modelo físico del circuito. En esta parte se encuentra el diseño de la Base y de la Caratula de la placa.

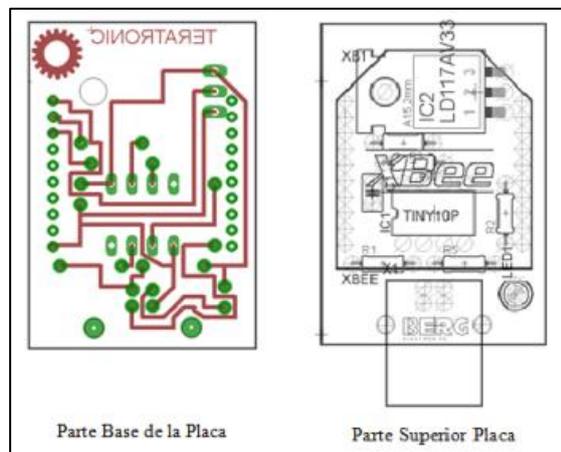


Fig.3.25: Diseño Tabla USBTERA2.0

FUENTE: [PROPIA]

3.2.6 DISEÑO TABLERO PLACA DE CONTROL ROBOT BIFRUS

El diseño tablero o ruteado de la placa es:

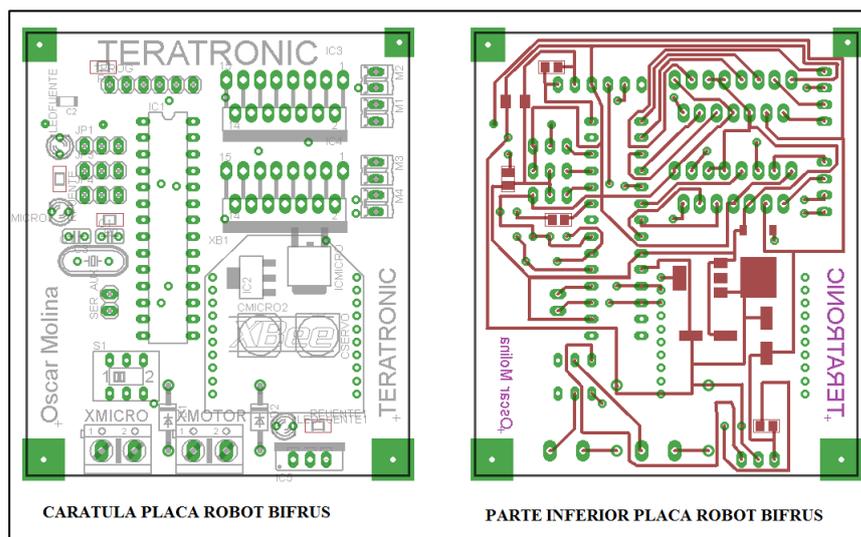


Fig.3.26: Diseño Tabla USBTERA2.0

FUENTE: [PROPIA]

En esta parte se encuentra el diseño de la Base y de la Caratula de la placa.

3.3 DISEÑO SOFTWARE BIFRUS.

3.3.1 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

Los datos del sistema se almacenan en tablas y cada tabla contiene datos acerca de un tema, por ejemplo, clientes.

Por tanto, cuando se actualiza una parte de los datos, como una dirección, se hace en un solo lugar, pero ese cambio aparece automáticamente en toda la base de datos.

3.3.1.1 MODELO CONCEPTUAL

En esta etapa se toma en consideración la información que va a manejar el sistema como los datos de la ventana y de la persona que va a manipular el robot.

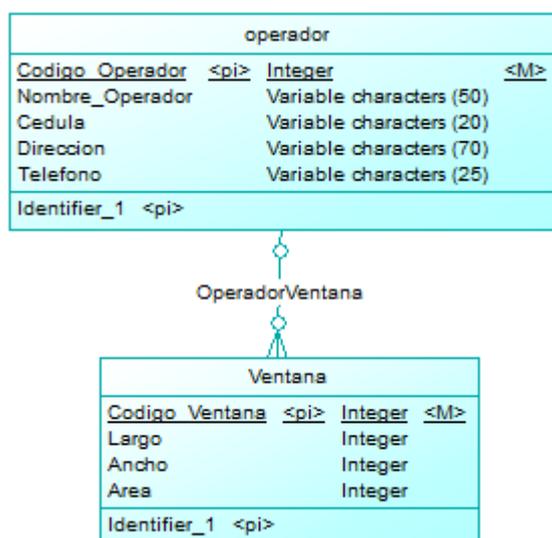


Fig.3.35: Modelo Conceptual Base de datos BIFRUS
FUENTE: [PROPIA]

3.3.1.1.1 DICCIONARIO DE DATOS

El diccionario de datos muestra los detalles de cada uno de los campos que posee la base de datos.

Tabla: Datos del Operador

operador					
Campo	Tipo	Nulo	Predeterminado	Comentarios	MIME
<u>CODIGO_OPERADOR</u>	int(11)	No		Clave primaria Operador	
NOMBRE_OPERADOR	varchar(50)	Sí	NULL	Nombre Operador	
CEDULA	varchar(20)	Sí	NULL	Cedula del Operador	
DIRECCION	varchar(70)	Sí	NULL	Dirección del Operador	
TELEFONO	varchar(25)	Sí	NULL	Telefono del Operador	

Fig.3.36: Tabla Operador BIFRUS
FUENTE: [PROPIA]

En la tabla del Operador se encuentra todos los campos principales a usar como son:

- Código de operador que es la clave primaria
- Nombre del Operador que es el nombre de la persona que usará el sistema
- Número de Cédula
- Dirección del Operador
- Teléfono del operador

Tabla: Datos Ventana

ventana						
Campo	Tipo	Nulo	Predeterminado	Enlaces a	Comentarios	MIME
<u>CODIGO_VENTANA</u>	int(11)	No		operador -> CODIGO_OPERADOR	Clave Foránea Ventana	
<u>CODIGO_OPERADOR</u>	int(11)	No			Clave primaria Ventana	
LARGO	int(11)	Sí	NULL		Largo en centímetros de la ventana	
ANCHO	int(11)	Sí	NULL		Ancho en centímetros de la ventana	
AREA	int(11)	Sí	NULL		area de la ventana	

Fig.3.37: Tabla Ventana BIFRUS
FUENTE: [PROPIA]

En la tabla de Ventana se encuentra todos los siguientes campos:

- Código de la ventana que es la clave primaria
- Código del Operador que es la clave foránea
- Largo de la ventana
- Ancho de la ventana
- Área de la ventana

3.3.1.2 MODELO LÓGICO

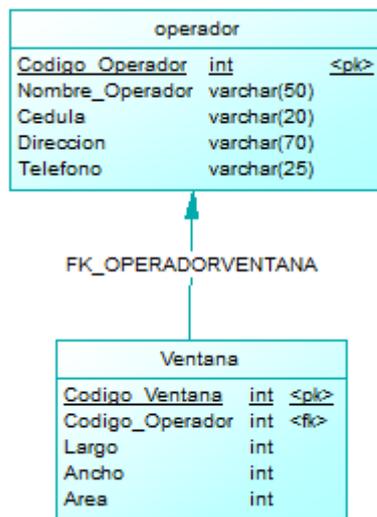


Fig.3.38: Tabla Ventana BIFRUS
FUENTE: [PROPIA]

3.3.2 INTERFAZ DE USUARIO

La interacción entre el sistema y el usuario se realiza en lenguaje natural, el sistema se comunica internamente con el robot escalador BIFRUS, lo que no podrá ser reflejada al usuario.

La interfaz del sistema contiene las siguientes ventanas de interacción.

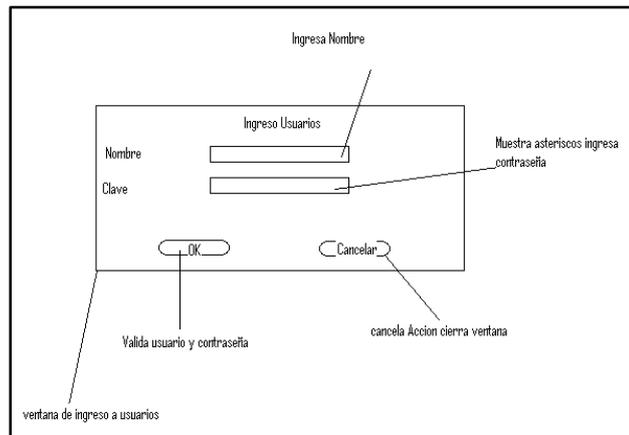


Fig.3.39: Ventana validación de usuario
FUENTE: [PROPIA]

La Fig.3.39 muestra como el usuario ingresará al sistema por medio del nombre y la clave.

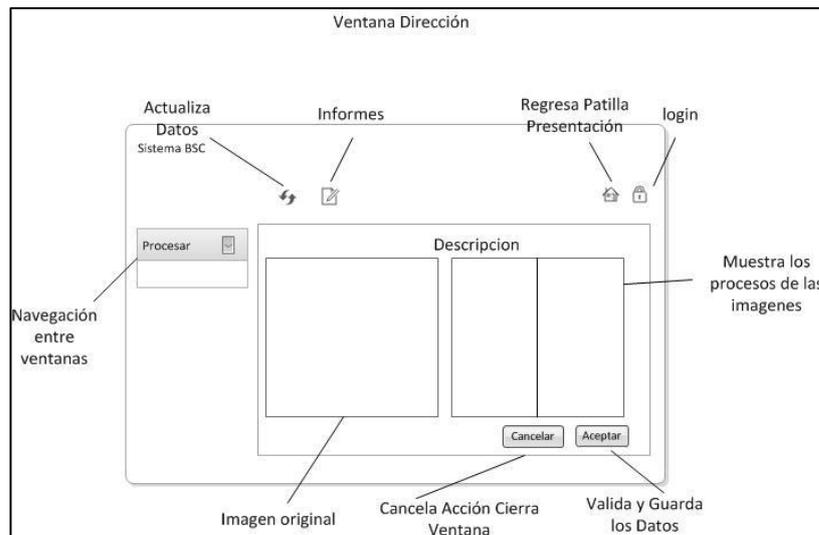


Fig.3.40: Ventana Procesamiento de Imagen
FUENTE: [PROPIA]

En la Fig.3.40 muestra la pantalla principal del sistema donde se capturará la imagen de la ventana por medio de una cámara IP, para luego ser procesada mediante diferentes métodos como el de Canny y el de Sobel para detectar los bordes de la ventana y las esquinas de la ventana para calcular la distancia.

3.3.3 DISEÑO UML

3.3.3.1 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

Se detallan los casos de uso para el Sistema de procesamiento de imágenes del Robot escalador Bifrus para la limpieza de ventanas interiores utilizando comunicación inalámbrica.

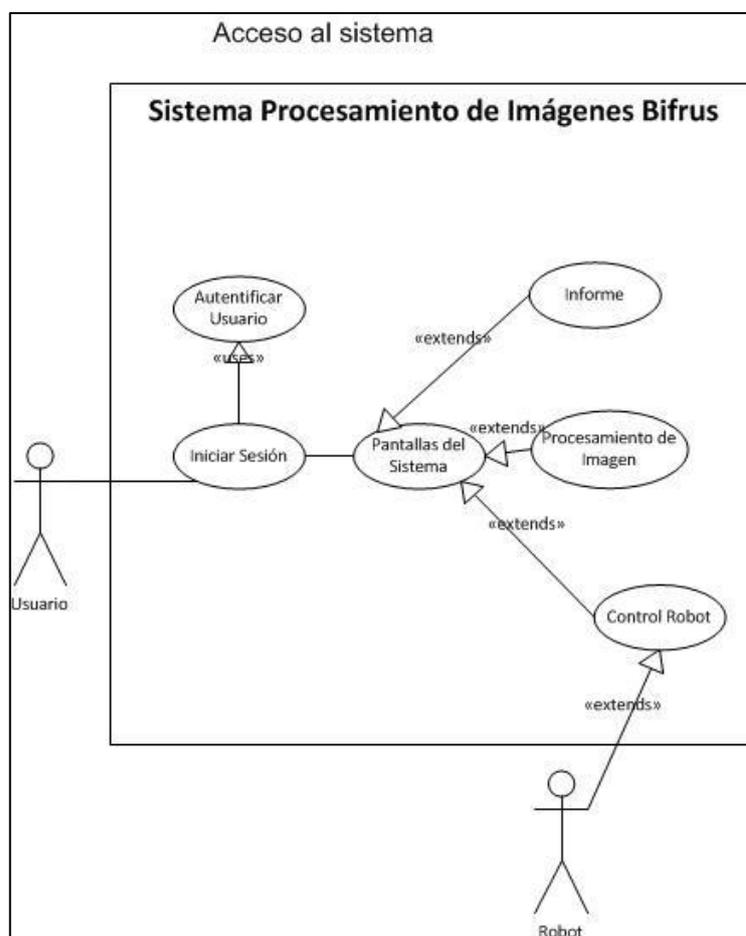


Fig.3.39: Casos de uso BIFRUS
FUENTE: [PROPIA]

CONDICIÓN INICIAL	Iniciar sesión para obtener una autorización para utilizar el programa.
DESCRIPCIÓN	El Usuario del sistema, maneja el sistema y manipula todas las funciones.
CONDICIÓN FINAL	El usuario del sistema puede realizar consultas de los datos del área de lavado, Controlar el movimiento del robot y el Procesamiento de la imagen.
OBSERVACIONES	La información se envía al robot y este al sistema.

Fig.3.40: Tabla de Condiciones
FUENTE: [PROPIA]

3.3.3.2 DIAGRAMAS DE SECUENCIA

El diagrama de secuencia permite determinar la distribución del comportamiento entre los objetos así como las operaciones que se generan entre los mismos.

El diagrama de secuencia está en función de las clases realizadas para el sistema de procesamiento de imágenes del Robot Bifrus.

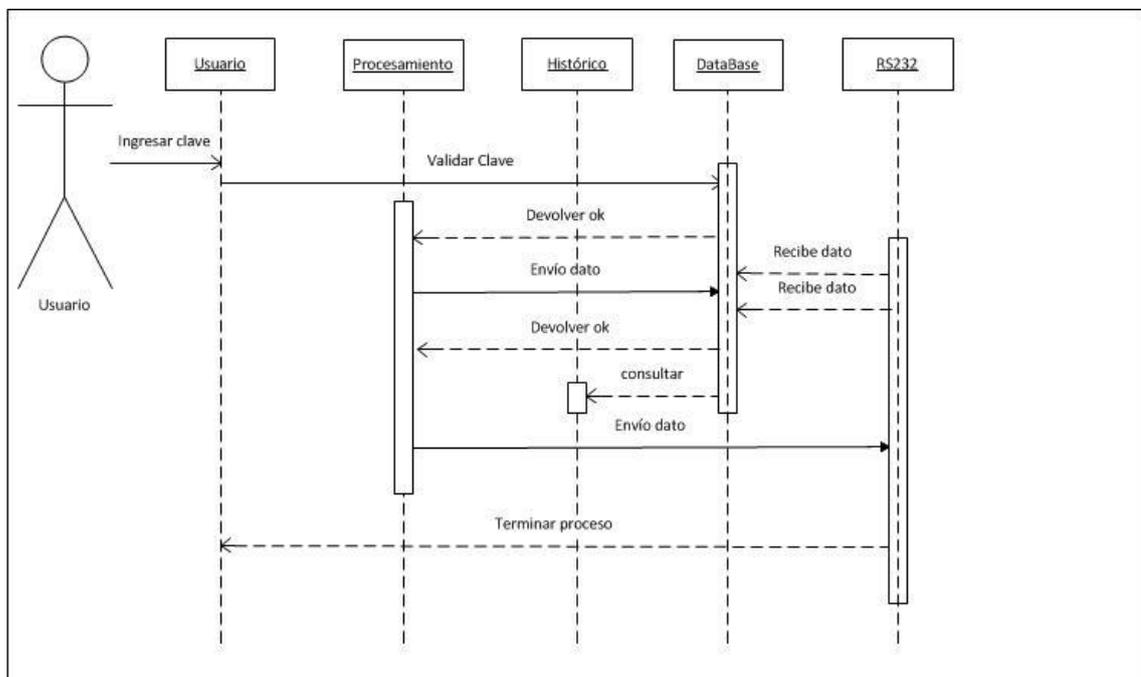


Fig.3.41: Tabla Ventana BIFRUS

FUENTE: [PROPIA]

3.3.3.3 DIAGRAMA DE ESTADOS.

Mediante este diagrama, se describe cada una de los estados que existe en los procesos que realiza el usuario dentro del Sistema.

3.3.3.3.1 DIAGRAMA DE ESTADO ROBOT BIFRUS

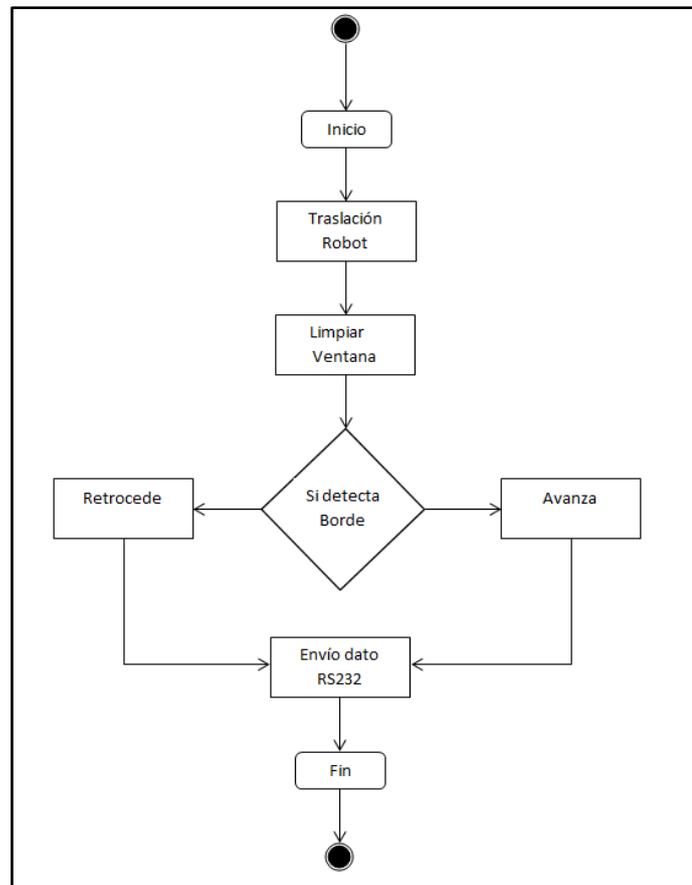


Fig.3.42: Diagrama de estados robot BIFRUS
FUENTE: [PROPIA]

3.3.3.3.2 DIAGRAMA DE ESTADO PROCESAMIENTO DE IMAGEN

Para el procesamiento de la imagen se lo realizará por etapas.

- Obtención de la imagen.
- Escala de Grises de la imagen.
- Binarización de la imagen.
- Suavizado de la imagen por medio del filtro de la media.
- Extracción del borde por el método de CANNY.

- Detección de las esquinas por el método de HARRIS.

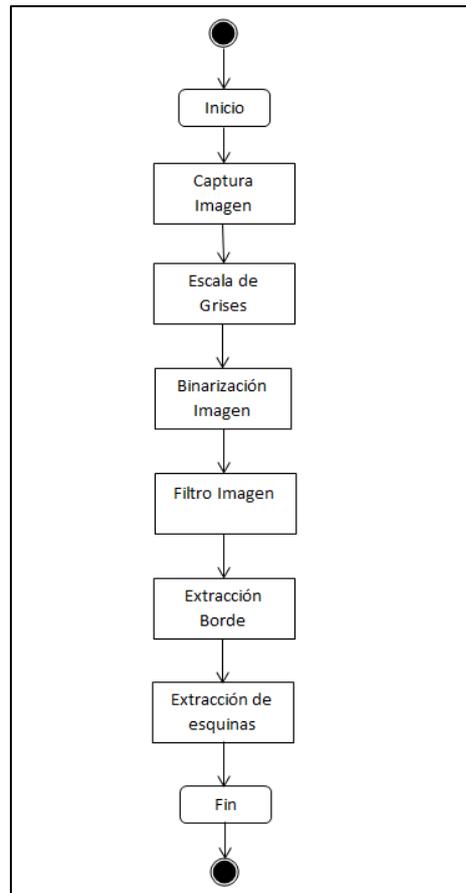


Fig.3.43: Diagrama de estados Procesamiento de Imagen
FUENTE: [PROPIA]

3.3.3.4 DIAGRAMA DE PAQUETES.

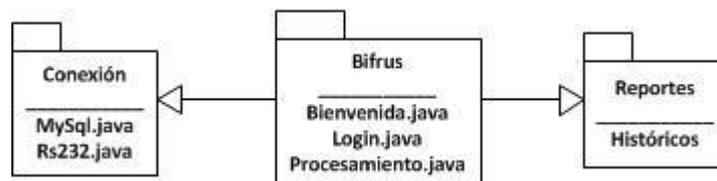


Fig.3.44: Diagrama de Paquetes
FUENTE: [PROPIA]

El paquete conexión posee las clases para la comunicación con la Base de datos realizada en MySQL 5.0, además posee la clase de comunicación por puerto serial para el envío y recepción de datos hacia el Robot escalador.

El paquete Bifrus posee las clases de ingreso de usuario y procesamiento de imagen.

3.3.3.5 DIAGRAMA DE CLASES

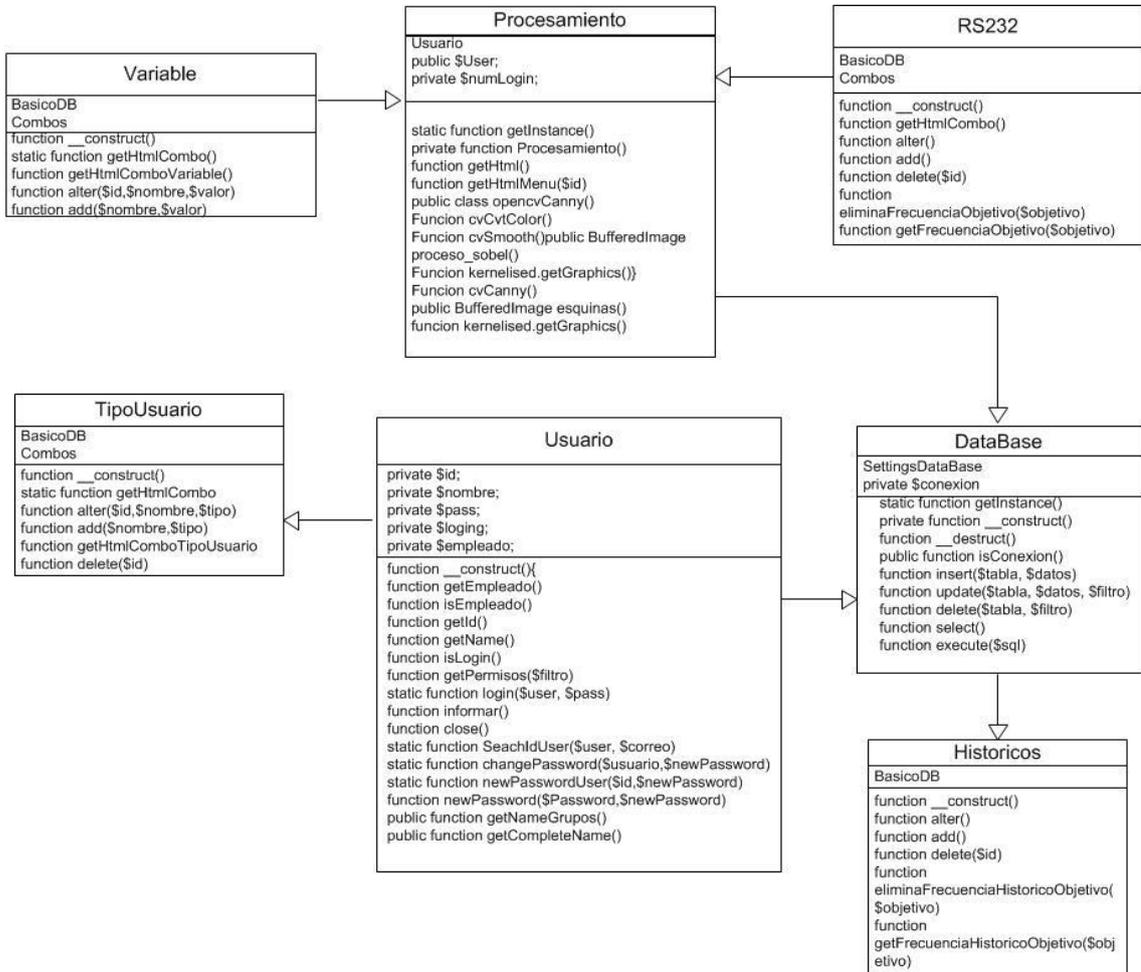


Fig. 3.45 Diagrama de clases Sistema Bifrus
FUENTE: [PROPIA]

CAPÍTULO IV

Construcción

del Robot escalador

4 CONSTRUCCIÓN ROBOT ESCALADOR BIFRUS

Para la construcción del Robot es necesario hacer un estudio previo de los materiales y mecanismos que se van a utilizar [ANEXO 2].

La construcción del Robot se lo realizará por tres etapas:

- Construcción Parte mecánica del Robot.
- Construcción Parte Electrónica del Robot.
- Elaboración del Software Control y Procesamiento de Imagen.

4.1 PARTE MECÁNICA DEL ROBOT

En esta etapa la construcción se lo realizar en partes:

- Construcción de la estructura del Robot.
- Construcción del sistema de translación.
- Construcción del sistema de ventosas.

4.1.1 ESTRUCTURA DEL ROBOT

Con los diseños ya realizados se procederá a la elaboración de las piezas en acrílico y en aluminio. Los cortes de las piezas se realizarán en un plotter de corte láser.

La estructura principal es la base del robot ya que sobre este se encontrará el 80% de la parte mecánica del Robot.

La base del Robot se encargará de sostener las cajas reductoras y en la parte inferior se adaptarán las ventosas para sujetarse al vidrio.

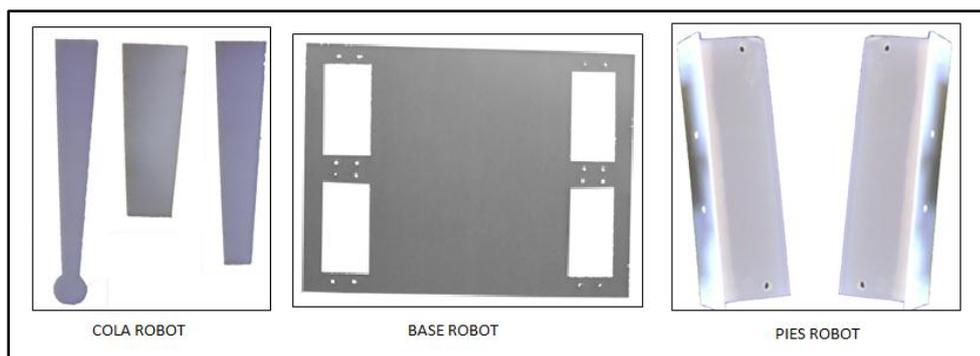


Fig.4.1: Piezas Robot Bifrus
 FUENTE: [PROPIA]

Los pies están contruidos de acrílico y de un ángulo de aluminio, este servirá para sujetar las ventosas. La cola se la construyó por partes en acrílico para colocar según la necesidad.

4.1.2 SISTEMA DE TRANSLACIÓN

Para la traslación del robot se usará dos cajas de reducción, una para cada pie del robot.

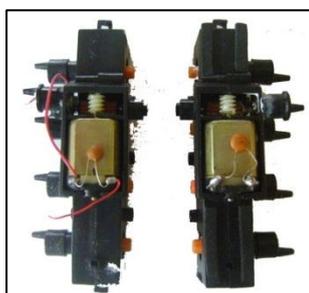


Fig.4.2: Cajas de Reducción Robot Bifrus
 FUENTE: [PROPIA]

A cada una de estas cajas se les realizará una modificación para acoplar los pies del robot. Estas cajas poseen cuatro ejes que originalmente servían para la rotación de cuatro patas. En nuestro caso se usarán los ejes de los extremos de la caja de reducción.

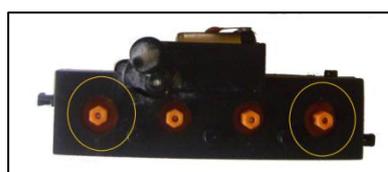


Fig.4.3: Ejes Principales Robot Bifrus
 FUENTE: [PROPIA]

En estos dos ejes se implementará los bocines que son las adaptaciones que realizaremos para que exista la rotación del pie.

La adaptación consiste en modificar el pistón original de la caja de reducción agregándole una extensión. Esta es parte de una hélice de servomotor HS 311, que al ser acoplada forma una palanca de 1,5cm. Será necesario modificar la hélice para que cumpla la forma de una palanca.



Fig.4.4: Adaptación de Piezas
FUENTE: [PROPIA]

Al cabo de construir los cuatro bocines se procederá a la colocación en cada caja de reducción quedando los pies de la siguiente manera.

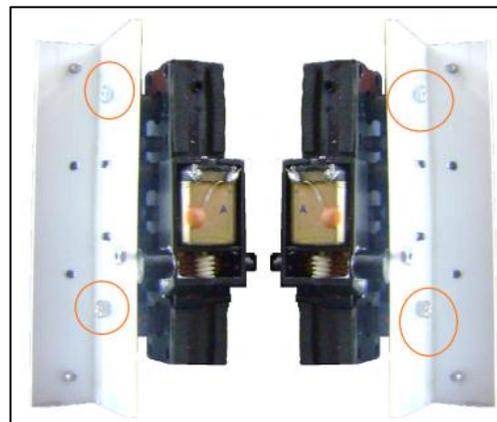


Fig.4.5: Adaptación de Piezas
FUENTE: [PROPIA]

Como observamos en la figura Fig.4.5 los bocines están sujetos con tornillos para evitar que se desarmen al ejercer fuerza sobre el vidrio.

En la modificación de las cajas de reducción se reemplazará el motor dc de la caja por un servomotor previamente destruncado y adaptado un engrane en el eje de rotación.



Fig.4.6: Adaptación de Engrane
FUENTE: [PROPIA]

Para incrementar la resistencia de los engranes se procede a colocar doble engrane para aumentar el volumen y así aumentar la vida útil de la caja de reducción.

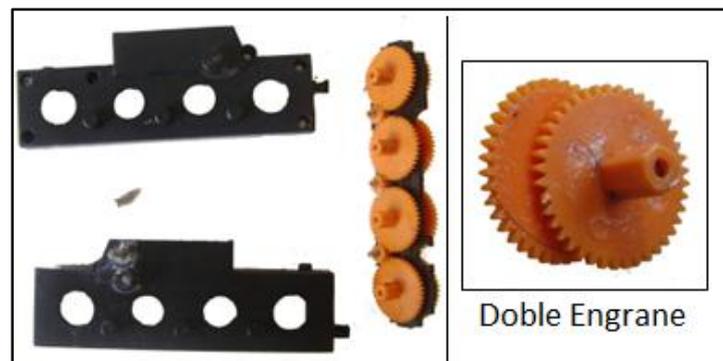


Fig.4.7: Adaptación doble Engrane
FUENTE: [PROPIA]

Luego de modificar cada uno de los engranes colocamos el servomotor en la caja de reducción, cuyo resultado es el siguiente.



Fig.4.8: Adaptación Completa
FUENTE: [PROPIA]

Realizamos el mismo proceso para el otro pie del robot e implementamos en el cuerpo del robot.

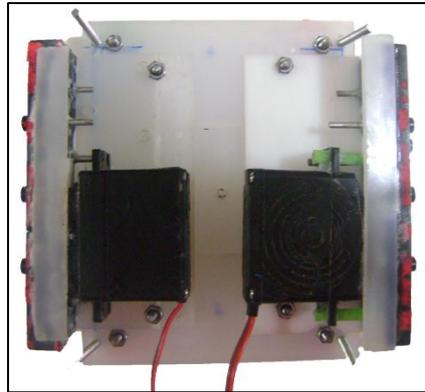


Fig.4.8: Adaptación de Piezas
FUENTE: [PROPIA]

4.1.3 SISTEMA DE VENTOSAS.

En base al diseño se ubicará las ventosas en cada una de las partes del robot.



Fig.4.5: Instalación de Ventosas
FUENTE: [PROPIA]

Luego de colocar todas las ventosas necesarias para adherir al robot, se procederá a la unión de las tres partes principales.

4.2 CONSTRUCCIÓN ELECTRÓNICA DEL ROBOT

Se dividirá en dos partes la elaboración de la circuitería del Robot.

- Construcción Placa UsbTera2.0.
- Construcción Placa de Control Robot Bifrus.

4.2.1 PLACA USBTERA2.0

La placa USBTERA2.0, es la que se encargará de recibir la señal del robot por puerto Serial y luego crear un puerto virtual por USB por medio de un Microcontrolador ATtiny10.

La creación de la Placa se lo realizará por el método de termotransferencia, luego se sueldan los elementos electrónicos.

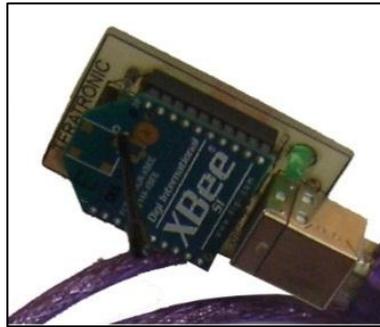


Fig.4.7: Placa USBTERA2.0 con Xbee incorporado
FUENTE: [PROPIA]

4.2.2 PLACA DE CONTROL ROBOT BIFRUS.

La placa de control estará administrada por un DSPIC2010, este también recibirá las señales externas obtenidas del sensor, y controlará los motores mediante el L298.



Fig.4.7: Placa USBTERA2.0 con Xbee incorporado
FUENTE: [PROPIA]

4.3 SOFTWARE DE CONTROL

El desarrollo del sistema se basó en el modelo de SOBEL para el procesamiento de imágenes para obtención de bordes. Además se realizará una conexión con la base de datos y el robot por lo que se dividió en dos paquetes.

- Conexión.
- Diseño.

4.3.1 PAQUETE CONEXIÓN

Permite establecer la conexión entre la base de datos, el puerto serial, los puertos de comunicación y el Sistema, por medio de la utilización de clases:

- Clase MySQL.
- Clase RS232.

4.3.1.1 CLASE MySQL

Esta clase realizará la conexión del sistema con la base de datos por medio de la utilización de los paquetes contenidos en JDBC Driver MySQL. La interacción típica con una base de datos consta de los siguientes cuatro pasos básicos:

- Abrir la conexión a la base de datos.
- Ejecutar consultas contra la base de datos
- Procesar los resultados
- Cerrar la conexión a la base de datos

El código es el siguiente:

```
// Inicia la instancia del driver para la conexión de la base de
datos con el sistema
Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver").newInstance();
//Establece la conexión entre Base De Datos y el Sistema.
this.conn = (Connection)
DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://localhost/
robotescalador","root","123");
//Cierra la Conexión con la Base de Datos
conn.close();
```

4.3.1.2 CLASE RS232

Establece la conexión del sistema con el módulo Xbee, a través del manejo de los paquetes definidos en SerialPort, el cual proporciona una sucesión de clases para acceder y poder enviar las cadenas de texto desde el programa.

Com: Es la interface que se estará manejando para el control del dispositivo.

```
staticComcomac;
```

SerialPort: es un objeto del tipo de puerto que vamos a utilizar.

```
privateSerialPort free;
```

List: es la lista que contendrá los puertos libres que existen actualmente.

```
privateList<String>portList;
```

En los siguientes parámetros se define la velocidad de transmisión (9600), los bits de paridad y de inicio, y el puerto de comunicación (com6).

```
settings.setPort("COM6");  
settings.setBaudRate("9600");  
settings.setStopBits("1");
```

4.3.2 PAQUETE BIFRUS

Este paquete contiene todos los métodos necesarios para el procesamiento de imágenes y el control del Robot.

4.3.2.1 CLASE CAMARA

La clase conexión permite acceder a la cámara por medio de una dirección IP.

```
public class Camara extends javax.swing.JPanel {  
    public Camara() {
```

URL: es la dirección IP de la cámara inalámbrica a la cual vamos a acceder.

```
nurl = new URL("http://192.168.10.105/image/jpeg.cgi");  
//Esta es Conexión a la Cámara mediante una dirección IP.
```

4.3.2.2 CLASE FILTROS

La clase filtros es la más importante ya que es la que se encarga de procesar la imagen por etapas.

Para el procesamiento de imágenes se utilizó el contenedor JavaCV. Este posee bibliotecas para visión por computador como:

- OpenCV.
- FFmpeglibdc1394.
- PGR.

- FlvCapture.
- OpenKinect
- VideoInput.
- ARToolKitPlus.

JAVACV: Contendrá a las clases principales necesarias para el procesamiento de imágenes.

com.googlecode.javacv.cpp

- Primero hace que la imagen sea tratada en escala de grises.
- Luego permite hacer un suavizado de la imagen, utilizando el filtro de la Gaussiana.
- Se extrae los bordes por medio del método de CANNY.
- Obtención de esquinas por el método de Harris.

4.3.2.2.1 OBTENCIÓN DE BORDES POR EL MÉTODO DE CANNY:

```
public BufferedImage proceso()
{
    int colLimit = imgor.getWidth();
    int rowLimit = imgor.getHeight();
    BufferedImage kernelised = new BufferedImage(colLimit,
        rowLimit,BufferedImage.
        TYPE_INT_RGB);
    kernelised.getGraphics().drawImage(imgor, 0, 0, null);
}
```

Camara IP: Captura la Imagen IP

```
IplImage sourceImage = IplImage.createFrom(kernelised);//imagen
de la camara ip
```

CyCreateImage: Crea una imagen de la librería OpenCV

```
IplImage s8u = cvCreateImage(cvSize(colLimit,rowLimit),
IPL_DEPTH_8U, 1);
IplImage de la libreria opencv
```

Suavizado de la Imagen: Proceso para adecuar y homogenizar la imagen.

```
IplImage suavizado = cvCreateImage(cvSize(collLimit,rowLimit),  
IPL_DEPTH_8U, 1);
```

CyCvtColor: Clase que permite convertir la imagen a escala de grises

```
cvCvtColor(sourceImage, s8u,CV_BGR2GRAY);//Convierto imagen a  
grises
```

CySmooth: Permite suavisar la imagen de escala de grises

```
cvSmooth(s8u,suavizado, CV_GAUSSIAN, 3);//suaviso imagen de  
grises
```

Método de Canny: Proceso para detectar los bordes a diferencia de Sobel posee mejor calidad en los resultados, muy necesario para la obtención de las esquinas

```
IplImage canny = cvCreateImage(cvSize(collLimit,rowLimit),  
IPL_DEPTH_8U, 1);  
  
cvCanny(suavizado,canny,this.slha,this.slhb,3);//saco imagen de  
canny  
imgre=canny.getBufferedImage(); //carga imagen Bufferreader  
cvReleaseImage(canny);//suelto imagen.
```

4.3.2.2 OBTENCIÓN DE ESQUINAS POR EL MÉTODO DE HARRIS:

Este proceso sirve para detectar esquinas, o uniones de líneas.

```
public BufferedImage procesol(){  
int collimit = imgor1.getWidth();  
int rowLimit = imgor1.getHeight();  
int win_size = 15;  
int resp=0;  
int resp1=0;  
CvPoint punt[]=new CvPoint[4];  
int []mayx=new int[3];  
int []mayy=new int[3];
```

Corner_count: Permite contar las esquinas

```

corner_count, 0.06, 5.0, mask, 3, 0, 0.04); //busco esquinas de
harris
cvFindCornerSubPix(suavizado, cornersA, corner_count[0],

```

Corners: Obtención de las esquinas

```

cvCalcOpticalFlowPyrLK(suavizado,suavizado, pyrA, pyrB,
cornersA, cornersB,
corner_count[0], cvSize(win_size, win_size), 5,
features_found, feature_errors,
cvTermCriteria(CV_TERMCRIT_ITER | CV_TERMCRIT_EPS, 20, 0.3), 0);
CvPoint pt1,pt2;
CvFont font = new CvFont(CV_FONT_NORMAL,0.5,2);
for (int i = 0; i < corner_count[0]; i++) {
if (features_found[i] == 0 || feature_errors[i] > 550) {
System.out.println("Error is " + feature_errors[i] + "/n");
continue;
}
cornersA.position(i); //puntos esquinas de harris
cornersB.position(i);
punt[i]=cvPoint(Math.round(cornersA.x()),
Math.round(cornersA.y()));
CvPoint p0 = cvPoint(Math.round(cornersA.x()),
Math.round(cornersA.y())); //redondeo posicion
CvPoint p1 = cvPoint(Math.round(cornersB.x()),
Math.round(cornersB.y()));
cvLine(sourceImage1, p0, p1, CV_RGB(255, 0, 0),2, 8, 0);
cvPutText( sourceImage1,"P"+i,p0 ,font,CvScalar.GREEN);
}
pt1 =cvPoint(0,30);
pt2 =cvPoint(0,50);

```

Calculo de las cuatro esquinas

```

mayy[0]=Math.abs((punt[0].y())-(punt[1].y()));
mayy[1]=Math.abs((punt[0].y())-(punt[2].y()));
mayy[2]=Math.abs((punt[0].y())-(punt[3].y()));
mayx[0]=Math.abs((punt[0].x())-(punt[1].x()));
mayx[1]=Math.abs((punt[0].x())-(punt[2].x()));
mayx[2]=Math.abs((punt[0].x())-(punt[3].x()));

```

Obtención de las esquinas mayores

```

resp=(int)((mayor(mayx))/5.85);
resp1=(int)((mayor(mayy))/5.85);
cvPutText( sourceImage1,"ancho="+resp+"cm",pt1
,font,CvScalar.BLACK);
cvPutText( sourceImage1,"alto="+resp1+"cm",pt2
,font,CvScalar.BLACK);
imgrel=sourceImage1.getBufferedImage();
cvReleaseImage(tmp_image);
cvReleaseImage(eig_image);

```

```

cvReleaseImage(s8u);
cvReleaseImage(suavizado);
return imgrel;
}
public int mayor(int[] arreglo){
int resp=0;
for(int i1=0; i1<arreglo.length; i1++)
{
if(arreglo[i1] > resp)
{
resp= arreglo[i1];
}
}
return resp;//retorno dato de esquinas en la imagen
}
}

```

4.4 IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE AL SISTEMA

4.4.1 IMPLEMENTACIÓN DE LA CÁMARA INALÁMBRICA IP.

La cámara IP es inalámbrica marca D-link posee una alta resolución de imagen, e incluso puede transmitir voz, aunque en nuestro caso no es necesario utilizarlo.

Su peso es de 56 gramos y posee una ranura para memoria stick. Se puede grabar en tiempo real directamente a la cámara. Estas virtudes de la cámara no las vamos a utilizar.

Para acceder a la cámara debemos conectar necesariamente en red.

Para el Procesamiento de imágenes obtenidas desde la cámara es necesario tener condiciones ideales, ya que el sistema está sujeto a las variaciones de la luz del medio.

Se colocará luz blanca de baja luminosidad para equilibrar el ambiente.

En los ajustes del Sistema con la realidad, se estableció una distancia fija y estándar entre la cámara IP y el vidrio para poder establecer la ubicación del robot y saber el recorrido del mismo.

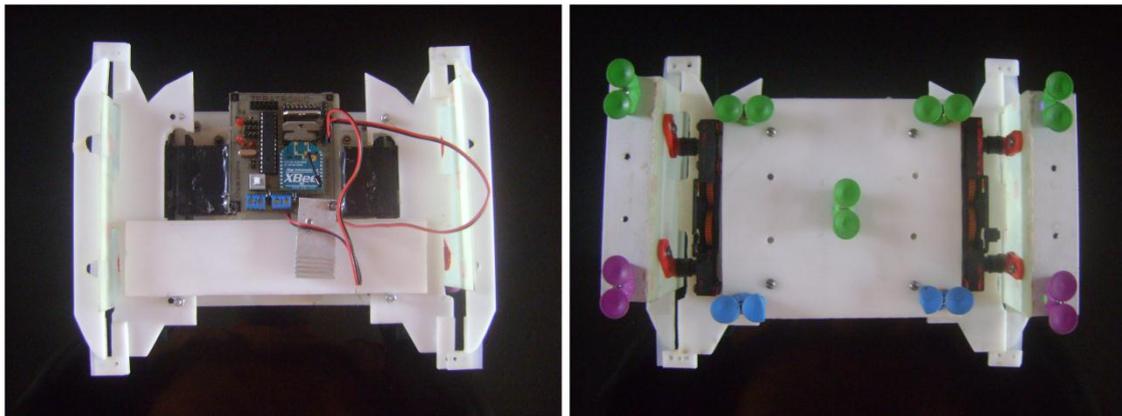
Para tener la captura de la imagen de manera completa desde la cámara Web se debe ubicar la cámara a unos 4,60 metros de distancia.

4.4.2 IMPLEMETACIÓN ROBOT BIFRUS

Para la implementación del robot Bifrus se toman las partes y piezas construidas en acrílico y las unimos con las cajas de reducción.

Luego de armada la estructura colocamos la placa de control sobre el robot. Por último calibramos cada caja de reducción para estandarizar el movimiento del robot.

El resultado final es el siguiente:



VISTA SUPERIOR ROBOT BIFRUS

VISTA INFERIOR ROBOT BIFRUS

Fig.4.8: Robot Bifrus
FUENTE: [PROPIA]

4.5 PRUEBAS Y CORRECCIÓN DE FALLOS

4.5.1 PRUEBAS DEL SOFTWARE

Esta etapa se emplea para determinar que el software se encuentre libre de fallas, es decir, comprobar que no exista la posibilidad que por un error voluntario o involuntario

por parte del usuario, el sistema colapse y genere algún problema con la información contenida en él. Para esto se utilizó las pruebas de: caja blanca y caja negra.

Para realizar dichas pruebas es necesario alimentar a las entradas con una gran variedad de imágenes lo cual permitirá determinar las posibles fallas del sistema.

Con la ayuda de una Cámara IP DLINK de alta resolución facilitará el tratamiento de la imagen.

Esta cámara IP permitió obtener una mejor calidad en las imágenes del área del vidrio para detectar los bordes.

También es recomendable analizar si el diseño visual que este posee es comprensible hacia el usuario.

Se analizará paso a paso la ejecución del código, ejecutando línea por línea y de este modo "probarlo todo". Para lo cual es necesario llevar a cabo una serie de ejecuciones del programa, y entonces determinar cuáles son las fallas en el código, mejorarlo y permitir que se ejecute de forma adecuada, a este proceso se lo denomina cobertura, dentro del programa se realizaron las siguientes coberturas:

4.5.1.1 COBERTURA DE BUCLES

Se Realiza una revisión de las líneas de código en cada uno de los bucles de programación para determinar si se están ejecutando de manera correcta.

Para un bucle de tipo WHILE hay que pasar 3 pruebas.

- 0 ejecuciones
- 1 ejecución
- más de 1 ejecución

Para un bucle de tipo REPEAT hay que pasar 2 pruebas

- 1 ejecución
- más de 1 ejecución

Los bucles FOR, son muy seguros, pues en su cabecera está definido el número de veces que se va a ejecutar. Basta con ejecutarlos 1 vez.

4.5.2 PRUEBAS DEL HARDWARE

4.5.2.1 PRUEBAS DE TRASLACIÓN DEL ROBOT

En las pruebas iniciales de traslación del robot sobre la superficie del vidrio se observó que al tratar de levantar los pies, las cajas reductoras iniciales se trabaron por no poseer la suficiente fuerza para despegar a las ventosas, esto se debe a que las fuerzas de las ventosas es superior a la fuerza ejercida por la caja de reducción por lo que es necesario modificarlas.

Al colocar los servomotores en las cajas de reducción aumentó considerablemente la fuerza provocando que se despeguen las ventosas del vidrio, pero los engranes se partieron, debido a que la fuerza que ejercen las cajas para despegar las ventosas más la presión ejercida por las ventosas sobre la superficie del vidrio recaigan directamente sobre los engranes. Para ello fue necesario aumentar la resistencia colocando doble engrane en cada caja reductora.

Pruebas Traslación Robot bifrus			
Detalle	Muy Satisfactorio	Satisfactorio	Poco Satisfactorio
Se adhiere el robot en movimiento al vidrio		X	
Se adhiere el robot firmemente al vidrio	X		
Fuerza de las cajas de reducción	X		
Gira el robot en la superficie del vidrio			X
Las ventosas poseen suficiente succión		X	
El peso del robot es el adecuado		X	
Es veloz para escalar			X
Coordina sus movimientos		X	
El robot es resistente	X		
Limpia adecuadamente el vidrio		X	

Tabla.4.1: Tabla de resultados Robot Traslación Bifrus

FUENTE: [PROPIA]

A más de una superficie de vidrio se realizó en otra superficie como metal enlosado mostrando la misma efectividad de traslación.

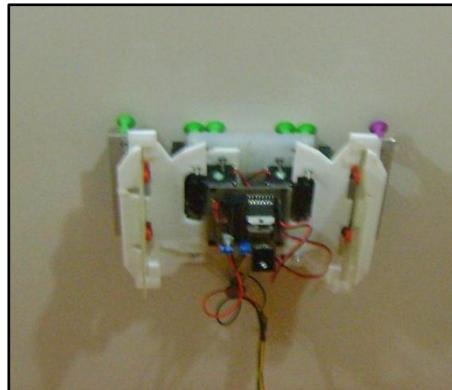


Fig.4.9: Robot Bifrus sobre superficie metálica enlosada
FUENTE: [PROPIA]

Al realizar las pruebas de desplazamiento se procedió a aplicar peso sobre el robot para ver la carga máxima que puede soportar obteniendo como resultado 55 gramos que es la tercera parte de su peso total.

4.5.2.2 PRUEBAS DEL SISTEMA DE LIMPIADO

El Sistema de lavado contiene un servomotor destruncado a la cual se le ha adaptado un paño, el cuál gira limpiando el área de lavado. Se debe tomar en cuenta que este paño debe estar inicialmente húmedo para que realice la acción de lavado.

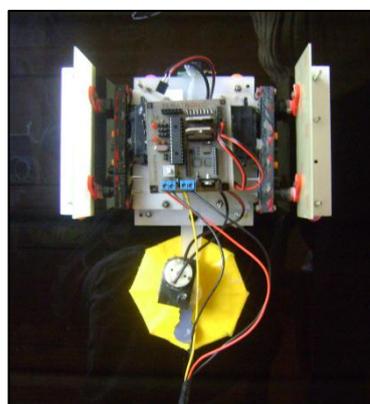


Fig.4.10: Robot Bifrus sobre superficie metálica enlosada
FUENTE: [PROPIA]

El sistema funciona correctamente y no afecta al sistema de ventosas. Aunque las ventosas presentan una gran desventaja, que al uso consecutivo y al estar demasiado tiempo en contacto con el polvo tienden a desgastarse.

Pruebas Lavado Robot bifrus			
Detalle	Muy Satisfactorio	Satisfactorio	Poco Satisfactorio
El sistema de lavado afecta el equilibrio del robot		X	
El paño limpia satisfactoriamente el vidrio		X	
El sistema de lavado está ubicado estratégicamente	X		
El motor posee suficiente fuerza para mover los paños		X	
El sistema de limpiado es liviano	X		

Tabla.4.2: Tabla de resultados lavado Robot Bifrus
FUENTE: [PROPIA]

4.6 INVERSIÓN ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN

Los costos de inversión en dólares detallo a continuación.

<i>Costos Estudio y Construcción Robot Escalador</i>				
<i>ITEM</i>	<i>Detalle</i>	<i>cant.</i>	<i>Valor u.</i>	<i>valor tot.</i>
1	aceite en aerosol	1	35,8	35,8
2	acido para baquelita	5	0,56	2,8
3	Acrílico	1	80	80
4	adaptadores de mangueras	4	3,34	13,36
5	adhesivo en aerosol	1	18,5	18,5
6	Arañas robot bailarín	3	6	18
7	ATMEGA 16	1	7,3	7,3
8	ATMEGA 8	1	5,8	5,8
9	Baquelita	2	6,8	13,6
10	brocas para metal	13	0,8	10,4
11	cámara inalámbrica IP	1	230	230
12	cautín Proskit	1	15,6	15,6
13	cepillos dentales de niños	48	0,85	40,8
14	Laptop HP Pavilion tx2000	1	890	890
15	condensadores 22pf	12	0,12	1,44
16	Cortes Acrílico	7	25	175
17	DSPIC2010	2	9,5	19

18	<i>espadines hembra</i>	4	0,8	3,2
19	<i>espadines macho</i>	5	0,8	4
20	<i>Estaño</i>	1	7	7
21	<i>fuelle de poder de PC</i>	1	35	35
22	<i>impresora láser bicolor</i>	1	70	70
23	<i>Juguete Bombero</i>	2	3	6
24	<i>kit piezas mecano</i>	1	78	78
25	<i>Protector de parabrisas</i>	4	6	24
26	<i>L293D</i>	2	3,2	6,4
27	<i>L298</i>	2	4,98	9,96
28	<i>Leds</i>	12	0,1	1,2
29	<i>módulos XBEE</i>	2	35	70
30	<i>osciladores 20Mhz</i>	2	0,5	1
31	<i>osciladores 4Mhz</i>	2	0,5	1
32	<i>osciladores 8Mhz</i>	2	0,5	1
33	<i>papel fotográfico</i>	12	0,75	9
34	<i>kit transfusión de sangre</i>	3	3,5	10,5
35	<i>Pegamento Brujita</i>	8	0,5	4
36	<i>pegamento UHU</i>	3	4,57	13,71
37	<i>pistola silicona</i>	1	4,5	4,5
38	<i>pomada estaño</i>	1	3,4	3,4
39	<i>pulsadores pequeños</i>	4	0,4	1,6
40	<i>reguladores 78L05</i>	9	0,7	6,3
41	<i>Resistencias</i>	35	0,02	0,7
42	<i>Robot Vertibot</i>	3	40	120
43	<i>Rodelas</i>	70	0,04	2,8
44	<i>sensores infrarrojos</i>	2	13,6	27,2
45	<i>Servomotores</i>	12	25	300
46	<i>sierra metálica</i>	1	3,4	3,4
47	<i>Siliconas</i>	26	0,2	5,2
48	<i>sócalo 18 pines</i>	2	0,3	0,6
49	<i>sócalo 24 pines</i>	2	0,45	0,9
50	<i>sócalo 40 pines</i>	2	0,6	1,2
51	<i>sócalo XBEE</i>	4	1,67	6,68
52	<i>swich sony</i>	4	0,5	2
53	<i>Taladro</i>	1	45	45
54	<i>Tiñer</i>	1	2	2
55	<i>Tornillos</i>	70	0,05	3,5
56	<i>ventosas sujetadoras</i>	15	1,5	22,5
57	<i>webcam</i>	1	25	25
58	<i>franela limpión</i>	1	0,9	0,9
58	<i>motor dc con caja reducción</i>	1	15	15
59	<i>vidrio y marco de aluminio</i>	1	35	35

60	base para marco de vidrio	1	35	35
61	base para cámara	1	20	20
62	Movilización	140	1	140
			TOTAL	2762,75

Tabla.4.3: Costo económico Robot Bifrus
FUENTE: [PROPIA]

Para la investigación del Robot escalador fue necesaria realizar tres prototipos iniciales, tanto para la elaboración de circuito de control como en la elaboración de las piezas en acrílico.

Para la elaboración de los robots escaladores en serie es necesario realizar el cálculo de costos en base a la inversión, investigación, mano de obra, etc.

4.7 CALCULO PRECIO ROBOT BIFRUS

Para el cálculo del precio de venta al público se realizó de la siguiente manera:

1.- Se toma en cuenta los salarios de los trabajadores de la Empresa SOFT TERATRONIC incluyendo beneficios de ley.

TABLA DE SUELDOS Y SALARIOS DEPARTAMENTO TECNICO							
	SUELDO	COMISION	APOR. PATRONAL	DEC. TERCERO	DEC. CUARTO	VACACION	SUELDO PROM
ELECTRONICO	400,00		44,60	33,33	24,33	16,67	518,93
ING. SISTEMAS	600,00		66,90	50,00	24,33	25,00	766,23
ING. INVESTIGACION	800,00		89,20	66,67	24,33	33,33	1.013,53
ING. DESARROLLO	800,00		89,20	66,67	24,33	33,33	1.013,53
Total							3.312,23

Tabla.4.4: Salario mensual departamento Técnico
FUENTE: [PROPIA]

TABLA DE SUELDOS Y SALARIOS ADMINISTRATIVOS
--

	SUELDO	COMISION	APOR. PATRONAL	DEC. TERCERO	DEC. CUARTO	VACACION	SUELDO PROM
CONTADOR	400,00	-	44,60	33,33	24,33	16,67	518,93
Total							518,93

Tabla.4.5: Salario mensual departamento Administrativo

FUENTE: [PROPIA]

TABLA DE SUELDOS Y SALARIOS VENTAS							
	SUELDO	COMISION	APOR. PATRONAL	DEC. TERCERO	DEC. CUARTO	VACACION	SUELDO PROM
VENDEDOR	300,00	315,00	68,57	51,25	24,33	25,63	784,78
Total							784,78

Tabla.4.6: Salario mensual departamento Ventas

FUENTE: [PROPIA]

- 2.- Costos directos del Robot Bifrus, estos son los costos de los materiales que forma parte del robot como son la estructura del robot, los materiales electrónicos, baterías, etc.
- 3.- Costos indirectos del Robot Bifrus, son los costos de los materiales que no están directamente en el robot, sino más bien en su construcción, estos son: costo de estaño, pomada, cautín, etc.
- 4.- Los gastos generales, son todos los gastos directos de la empresa TERATRONIC como son arriendo, gastos básicos como luz agua y teléfono, limpieza, etc.
- 5.- Gastos administrativos, como los útiles de papelería, sueldos personal administrativo, movilización, etc.
- 6.- Gastos de ventas, como viáticos, publicidad, pago de salarios, etc.
- 7.- Gastos Financieros, estos gastos son los préstamos bancarios, mantenimiento de cuentas y demás gastos de cartera.

COSTOS DIRECTOS:			VALOR	% f(venta)	COSTOS INDIRECTOS:			VALOR	% f(venta)
PIEZAS ACRILICO	500,00	4,4%	TRANSPORTE	30,00	0,3%				
MOTORES	2.000,00	17,8%	MATERIALES INDIRECTOS	35,00	0,3%				
PLACA DE CONTROL	100,00	0,9%	MAQUINARIA ELECTRONICA	25,00	0,2%				
MATERIALES ELECTRONICOS	800,00	7,1%	(Luz, agua, teléfono)	15,00	0,1%				
DEP TECNICO	3.040,60	27,0%		-	0,0%				
				-	0,0%				
TOTAL COSTOS DIRECTOS	6.440,60	57,2%	TOTAL COSTOS INDIRECTOS	105,00	0,9%				

GASTOS GENERALES:			VALOR	% f(venta)	GASTOS ADMINISTRACION:			VALOR	% f(venta)
ARRIENDO	200,00	1,8%	SALARIOS ADMINISTRATIVOS	518,93	4,6%				
DEPRCIACION	35,00	0,3%	ARRIENDO	200,00	1,8%				
(Luz, agua, teléfono)	50,00	0,0%	(Luz, agua, teléfono)	50,00	0,4%				
MATERIALES LIMPIEZA	50,00	0,4%	(Utiles Oficina)	100,00	0,9%				
MANTENIMIENTO	20,00	0,2%	IMPUESTOS Y PERMISOS	100,00	0,9%				
OTROS GASTOS	40,00	0,4%	OTROS GASTOS	50,00	0,4%				
TOTAL GASTOS GENERALES	395,00	3,1%	GASTOS ADMINISTRACION	1.018,93	9,1%				

GASTOS DE VENTAS:			VALOR	% f(venta)	GASTOS FINANCIEROS:			VALOR	% f(venta)
SUELDOS PERSONAL	784,78	7,0%	PRESTAMO BANCARIOS	45,00	0,4%				
(Luz, agua, teléfono)	12,00	0,1%	MANT.CUENTAS BANCOS	50,00	0,4%				
ARRIENDO	200,00	1,8%	OTROS	50,00	0,4%				
MOVILIZACION	40,00	0,4%							
PUBLICIDAD	150,00	1,3%							
OTROS GASTOS	50,00	0,4%							
TOTAL GASTO VENTAS	1.236,78	11,0%	TOTAL GASTOS FINANCIEROS	145,00	1,3%				

Fig.4.11: Cuadros de gastos TERATRONIC
FUENTE: [PROPIA]

Luego de detallar todos los gastos que influyen alrededor del robot y de la empresa auspiciante se procede a totalizarlos.

TOTAL COSTOS Y GASTOS (mensuales)	9.341,31 Dólares
--	-------------------------

Para recuperar la inversión del estudio y construcción del primer prototipo primero se debe calcular el margen de recuperación y luego calcular la cantidad mensual en dólares. Este margen de recuperación está en función del tiempo que el producto perdure en el mercado y de la devaluación de la tecnología. Generalmente todo producto tecnológico dura de 1 a dos años como máximo.

En este caso se estima que el Robot escalador tendrá un ciclo de vida de 1 año y 8 meses, por tanto:

$$fac = \frac{1 \text{ robot} \times 1 \text{ mes}}{20 \text{ meses de vida}}; fac = 0,05 \text{ es el factor}$$

$$mr = 2762,75 \times 0,05; mr = 138,14 \text{ margen recuperación en dolares por mes}$$

Lo que significa que este valor debe ser sumado a los gastos mensuales de la empresa,

TOTAL GASTO mensual	9479,45 Dólares	69,80%
Total Gasto Diario	315,98	

A partir de estos datos obtenidos podemos hacer diferentes estudios como son:

1.- COSTO TOTAL, es la suma total de todos los costos y gastos que influyen en la construcción del robot tanto los costos fijos y costos variables.

2.- COSTO FIJO.- Los costos fijos son todos los gastos que son constantes como arriendo, salarios trabajadores, servicios básicos, etc.

3.- COSTO VARIABLE.- Los costos variables son los gastos de materia prima y de proveedores ya que estos están sujetos a negociaciones o en base a la oferta de los proveedores.

COSTO TOTAL ENTRE FIJOS Y VARIABLES		
COSTO TOTAL	9.479,45	70,2%
COSTO TOTAL UNIT.	157,99	1,2%

COSTOS FIJOS		
COSTO FIJO (solo gastos)	8.371,91	62,0%
COSTO FIJO UNITARIO	139,53	1,0%

COSTO VARIABLES		
COSTO VARIABLE	1.107,54	8,2%
COSTO VARIABLE UNIT.	18,46	0,1%

Fig.4.12: Cuadros de costos TERATRONIC
FUENTE: [PROPIA]

4.8 ANÁLISIS DE VENTAS

La proyección de ventas está en función de la vida del robot en el mercado, como se menciona anteriormente se toma en cuenta que será de 20 meses, en base a este principio y más los datos de los costos.

Se estima que el número mínimo de ventas es de 60 unidades al mes, es decir que el área de ventas se debe vender dos unidades diarias.

Para el análisis de ventas es necesario calcular los siguientes puntos.

1.- PRECIO MÍNIMO DE VENTA.- Es el precio referencial o precio mínimo del robot con el cuál cubre todos los gastos mensuales, este se obtiene a partir de la relación entre el total del gasto mensual y el total de unidades que se venderá en el mes.

$$PMV = \frac{9.479,45}{60} ; PMV = 157,99 \text{ DÓLARES}$$

2.- PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO.- El precio de venta al público es el precio mínimo de venta más el porcentaje de ganancia y este varía según las políticas de la empresa, aunque según las políticas de mercadeo el porcentaje de ganancia es de 20% a 30%.

3.- VENTAS TOTALES.- Las ventas totales, es el valor en dólares del producto entre el PVP y la cantidad de robots vendidos al mes.

4.- INGRESO TOTAL.- Es el ingreso total líquido en dólares y es el resultado entre las ventas totales menos el gasto total.

5.- INGRESO TOTAL CON VARIABLES.- Es el ingreso total máximo que se puede obtener al mes reduciendo costos en las variables.

6.- PUNTO DE EQUILIBRIO.- Es el punto donde los costos y lo ingresos es igual a cero, es decir es la cantidad donde no existe ni perdida ni ganancia. El punto de equilibrio puede ser en función a las unidades de ventas o al dinero en ventas.

ANALISIS VENTAS		ANALISIS PUNTO DE EQUILIBRIO	
VENTAS EN UNIDADES	60,00	PUNTO EQUILIBRIO MES UNI	60,00
PRECIO MINIMO DE VENTA	157,99	PUNTO EQUILIBRIO DIA UNI	2,00
PVP SEGÚN MARGEN	209,99	PUNTO EQUILIBRIO MES \$	10.393,04
VENTAS TOTALES \$	13.500,00	PUNTO EQUILIBRIO DIA \$	346,43
INGRESO TOTAL \$	4.020,55		
ING. TOT CON VARIABLES \$	5.128,09		

Fig.4.13: Cuadros de costos TERATRONIC

FUENTE: [PROPIA]

7.- GRAFICO PUNTO DE EQUILIBRIO.- El gráfico nos ayuda a entender de mejor manera si alcanzamos el punto de equilibrio y en qué tiempo promedio se lo alcanza.

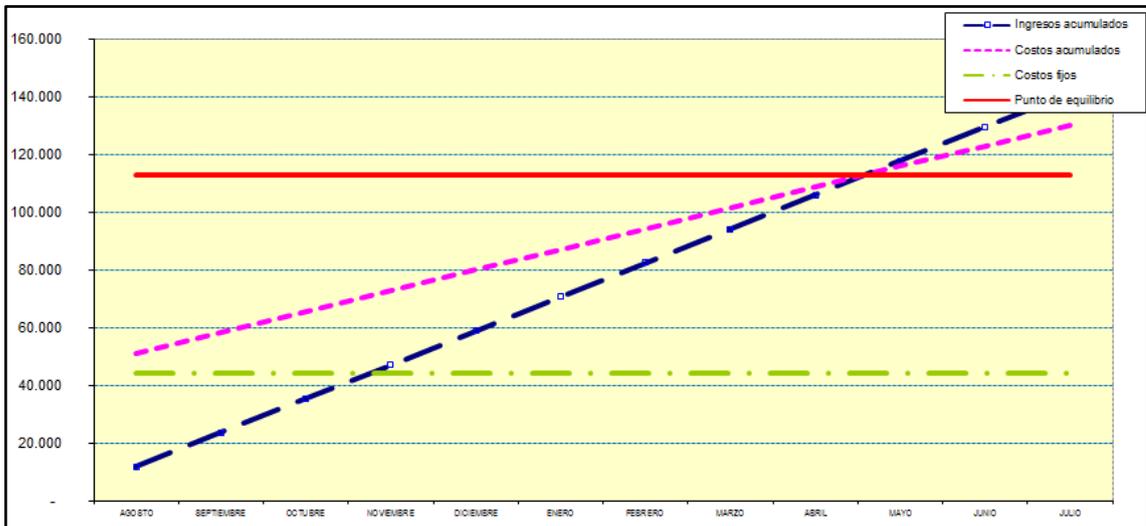


Fig.4.14: Cuadros de costos TERATRONIC

FUENTE: [PROPIA]

Como observamos en el gráfico, si se vende los 50 robots escaladores BIFRUS como mínimo mensualmente, la inversión se recupera luego de diez meses de ventas constantes. Luego de los diez meses las ventas sólo serán ganancias para la Empresa auspiciante.

4.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.9.1 CONCLUSIONES

Se obtuvo un robot escalador para la limpieza de ventanas interiores utilizando visión artificial y comunicación inalámbrica para la empresa SOFT TERATRONIC.

El robot Bifrus no depende de ningún actuador externo o compresor para adherirse al vidrio lo que le permite ser un robot pequeño y modular ya que presenta facilidad para ser transportado.

Bifrus posee una excelente fuerza debido al servomotor destruncado adaptado a la caja de reducción. Este nuevo sistema incrementa el torque del servomotor de 3,5 Kg/cm a 14 Kg/cm.

El robot Bifrus puede escalar superficies lisas como ventanas y metal enlosado, desplazándose verticalmente hasta 93 grados de inclinación.

El robot puede permanecer pegado hasta en 180 grados por un lapso de tiempo de 8 minutos.

Bifrus posee unas ventosas de goma que presentan mejor succión, lo que le hace poseer un sistema de succión incorporado, hay que tomar en cuenta la colocación del robot ya que de esta depende para que pueda desplazarse la mayor distancia posible.

Bifrus mejoró su adherencia al vidrio debido a la implementación de la cola, ya que se obtuvo una mejor distribución de las fuerzas.

Bifrus es un robot liviano cuyo peso es de 334 gramos, puede levantar un peso de hasta 50 gramos.

Bifrus contiene un sistema de limpieza que permite limpiar los vidrios de manera circular, este paño debe estar previamente humedecido.

Bifrus no puede realizar la acción de giro pues este movimiento mueve a las ventosas, es decir las ventosas deben estar fijas para poder mantenerse en el área de cristal, si se las ventosas se mueven del lugar fijado el robot caerá.

Todos los robots escaladores caminantes que no dependen de un actuador externo o compresor no pueden realizar giros sobre la superficie del vidrio.

Al construir un escalador que posea su sistema incorporado de fijación para cualquier superficie sea lisa, grumosa, etc. Es necesario utilizar vitaflex 60 que es una sustancia química que al secarse se adhiere a cualquier superficie presentando un alto agarre.

Para el procesamiento de imágenes de área de lavado es difícil obtener condiciones ideales ya que la ventana siempre estará afectada por la luz solar y por su color.

Java puede interactuar con otras aplicaciones de otros lenguajes como es OpenCV que es una aplicación propia para el procesamiento de imágenes, aunque para tratar las imágenes en java demanda más programación.

En base a este prototipo la empresa TERATRONIC seguirá desarrollando más estudios sobre robots escaladores.

4.9.2 RECOMENDACIONES

Si se desea construir un robot escalador que posea actuadores externo o compresor, es factible siempre y cuando sea orientado para el campo industrial, ya que su costo aumentaría y el diseño de su estructura debería ser metálico.

Si se desea construir un escalador de más de 12 servomotores es aconsejable utilizar una fuente de poder de 8V con de 15 Amperios ya que demanda mayor consumo de energía.

Si se desea construir un robot escalador que no dependa de un compresor o actuador externo para activar succión sobre las ventosas, y desee que realice giros de izquierda o derecha es conveniente diseñar una estructura diferente a la de un robot caminante.

Para el Control de 8 Servomotores o más es necesario utilizar reguladores que soporten alta corriente ya que el tradicional 78LS05 sólo soporta hasta 1 A y colocando grandes disipadores de calor pueden soportar hasta 2 A.

Se recomienda usar los reguladores de voltaje LM123 de 5V que soportan hasta tres A se los coloca en cascada utilizando un regulador cada cuatro servomotores, es lo ideal. Pero existe dos inconvenientes, el primero es que estos reguladores son muy pesados y grandes, lo que aumentaría el tamaño de la placa, y la segunda que en nuestro país es difícil conseguirlos.

CAPÍTULO V

Bibliografía

5 BIBLIOGRAFÍA

LIBROS:

- Mc Gran Hill, Fundamentos de bases de datos, España 2002 Cuarta Edición, ISBN=84-481-3654-3.
- MC-Graw-Hill, Transmisión de datos y redes de comunicación; 2001, xxxii, 887p. ISBN: 84-481-3390-0. Es
- Martin, R.C., UML para programadores JAVA, Madrid 2004, ISBN 84-205-4109-5, Impreso por Gratilles, S.I.
- Pérez, César, MySQL para Windows y Linux, Madrid 2004, ISBN 978-970-15-1325-5 ALFAOMEGA GRUPO EDITOR SA.

PÁGINAS ELECTRÓNICAS:

- “Introducción a la Robótica” [WEBINRO01].

Disponible en:

http://cfievalladolid2.net/tecno/ctrl_rob/robotica/intro.htm#que_es_robotica

- “StickyBotIII” [WEBSTIBOT01].

Disponible en:

<http://bdml.stanford.edu/twiki/bin/view/Rise/StickyBotIII.html>

- “The RISE Climbing Robot” [WEBRICLIRO01].

Disponible en:

<http://kodlab.seas.upenn.edu>

- “Tendon-inspired Ankle Design” [WEBTENINSANDE01].

Disponible en:

<http://bdml.stanford.edu>

- “Technology review.es” [WEBTERE01]

Disponible en:

www.technologyreview.es

- “Robótica Street” [WEBROSTRE01]

Disponible en:

<http://www.roboticastreet.com>

- “Componentes Electrónicos” [WEBCOME01].

Disponible en:

<http://www.planetaelectronico.com/cursillo/principal.html>

- “Datasheet Catalog.com” [WEBDACA01].

Disponible en:

<http://www.datasheetcatalog.net/es/>

- “Java Hispano Tu lenguaje tu comunidad” [WEBJAHISLENCO01]

Disponible en:

<http://www.javahispano.com>

PDF:

- “Robots Escaladores” [PDFROES01]

Tema4_Contraste.pdf

- “Desarrollo de Robots caminantes y escaladores en el IAI-CSIC”
[PDFDEROCAESIAI01]

PGonzález-CEDI2007.pdf [En línea].

- “Introducción a la Robótica” [PDFINRO01]

r-actuadores.pdf. [En línea]

- “Manipulación del Contraste” [PDFMACO01]
Tema4_Contraste.pdf [En línea]
Disponible en:
http://dmi.uib.es/~ygonzalez/VI/Material_del_Curso/Teoria/Tema4_Contraste.pdf.
- “Procesamiento de Imágenes” [PDFPROIM01]
Tema2.pdf [En línea]
Disponible en:
<http://212.128.130.23/eduCommons/enseanzas-tecnicas/procesamiento-avanzado-de-imagenes-digitales/contenidos/Tema2.pdf>.
- “Técnicas Clásicas de Segmentación de Imagen” [PDFTECCLASEGIM01]
Segmenclasica.pdf [En línea]
Disponible en:
<http://poseidon.tel.uva.es/~carlos/Itif10001/segmenclasica.pdf>.
- “Detección de bordes en una imagen” [PDFDEBORIM01]
Practica3_vc.pdf [En línea]
Disponible en:
http://www4.ujaen.es/~satorres/practicas/practica3_vc.pdf
- “Procesamiento Digital de Imágenes” [PDFPRODIIM01]
PDI03_Operadores_Básicos.pdf [En línea]
Disponible en:
http://www2.elo.utfsm.cl/~elo328/PDI03_Operadores_Basicos.pdf
- “Procesamiento de Imágenes” [PDFPROIM02]
Capítulo3.pdf [En línea]
Disponible en:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/msp/florencia_y_an/capitulo3.pdf

- “Detección de Esquinas y vértices” [PDFDEESVER01]
Esquinas.pdf [En línea]
Disponible en:
<http://www.disc.ua.es/tavarca/ponencias/esquinas.pdf>
- “Mecanismos” [PDFMECA01]
ProblemasResueltosPoleas_Engranajes_Akal.pdf [En línea]
Disponible en:
<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica14E.htm>
- “Sensores, Actuadores y Efectores” [PDFSENACE01]
Capitulo2.pdf [En línea]
Disponible en:
<http://robotica.li2.uchile.cl/EL63G/capitulo2.pdf>
- “Teoría de Máquinas” [PDFTEMA01]
Apuntes_tema7.pdf [En línea]
Disponible en:
http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/asignaturas/tm/pdfdoc_th/apuntes/apuntes_tema7.pdf
- "Procesamiento Digital de Imágenes" [PDFPRODIIM02]
CP1.pdf
Disponible en:
<http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/pdi/FILES/TE/CP1.pdf>

Glosario

GLOSARIO

Agentes:

Personas que interactúan con el sistema, con diferentes responsabilidades y acciones. Los agentes que intervienen en este sistema son: Usuario, Experto e Ingeniero de conocimiento.

API:

Interfaz de Programación de Aplicaciones. Gestiona servicios de bajo nivel, realizados por el sistema operativo de la computadora. Uno de los principales propósitos de un API consiste en proporcionar un conjunto de funciones de uso general, de esta forma los programadores se benefician de las ventajas del API, ahorrándose el trabajo de programar todo de nuevo.

Aplicación:

Es cualquier programa que corra en un sistema operativo y que haga una función específica para un usuario.

ASCII:

Estándar para el código utilizado por computadoras para representar todas las letras mayúsculas, minúsculas, números, signos de puntuación, etc. El código ASCII es de 128 letras representadas por un dígito binario de 7 posiciones (7 bits), de 0000000 a 1111111.

Base de datos:

Conjunto de datos almacenados sistemáticamente. En una base de datos, la información se introduce en campos y registros. Los datos pueden aparecer en forma de texto, números, gráficos, sonido o vídeo.

Código fuente abierto:

También conocido como software libre, se refiere a un programa cuyo código fuente está disponible al público general, gratis, para usar y modificar.

Contraseña:

Es un código utilizado para acceder a un sistema restringido. Pueden contener caracteres alfanuméricos. Se destaca por que la contraseña sólo puede ser conocida por el usuario, en la pantalla no se presenta el texto escrito en su lugar se presentan puntos (.).

Hardware:

Componentes físicos que necesitan de un elemento lógico para funcionar.

Java:

Lenguaje de programación que permite ejecutar programas escritos en un lenguaje muy parecido al C++. Se destaca por la eliminación de punteros en la programación. Java no puede acceder arbitrariamente a direcciones de memoria y es un lenguaje compilado en un código llamado "byte-code".

MySQL:

Es un Sistema Gestor de Bases de Datos, su arquitectura lo hace extremadamente rápido y fácil de personalizar. La extensiva reutilización del código dentro del software y una aproximación minimalística para producir características altamente funcionales, ha dado lugar a un sistema de administración de base de datos de alta velocidad, compactación, estabilidad y facilidad de despliegue

ODBC:

Estándar de acceso a Bases de Datos desarrollado por Microsoft cuyo objetivo es hacer posible el acceder a cualquier dato de cualquier aplicación.

Paquete:

Es un pedazo de información enviada a través de la red. La unidad de datos que se envía a través de una red la cual se compone de un conjunto de bits que viajan juntos.

Programación Orientada a Objetos:

Programación Orientada a Objetos (POO) es una filosofía de programación que se basa en la utilización de objetos. El objetivo de la POO es "imponer" una serie de normas de desarrollo que aseguren y faciliten el mantenimiento y reusabilidad del código.

RS-232:

Es una interfaz que designa una norma para el intercambio serie de datos binarios entre un Equipo terminal de datos y un Equipo de Comunicación de datos.

Software:

Se refiere a programas en general, aplicaciones, juegos, sistemas operativos, utilitarios, antivirus, etc. Lo que se pueda ejecutar en la computadora.

URL:

Localizador Uniforme de Recurso. Es el sistema de direcciones en Internet. El modo estándar de escribir la dirección de un sitio específico o parte de una información en el Web.

USB:

Universal Serial Bus - Estándar utilizado en las computadoras con el fin de reconocer los dispositivos hardware (impresora, teclado, etc.) y ponerlos en funcionamiento de forma rápida y sencilla.

Usuario:

Es la persona que utiliza el software creado, y administra la información de cliente y recordatorios.

Anexos

ANEXOS

ANEXO 1

ANÁLISIS ESTRUCTURAS PREESTABLESIDAS

Para el diseño final de la estructura del robot escalador fue necesario realizar varios estudios.

Se analizó estructuras ya construidas que sirvan de base y se construyó dos prototipos anteriores al escalador BIFRUS.

ESTRUCTURA BOMBERO

Esta estructura es de un juguete tipo bombero el cuál se adhiere a las ventanas por medio de ventosas que son activadas por un motor DC provocando que las ventosas expulsen o aspiren aire según el movimiento del Motor. Al desarmar este juguete se obtiene la siguiente caja de reducción con el sistema de succión incorporado.

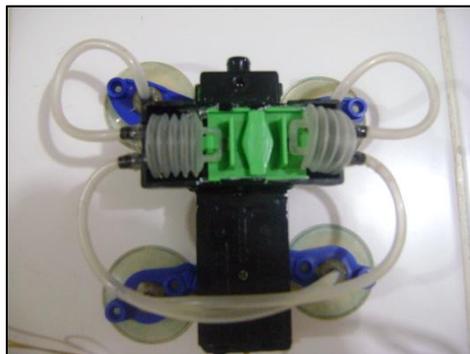


Fig.7.1: Estructura bombero
FUENTE: [PROPIA]

El sistema contiene cuatro ventosas con un motor que se encarga de realizar el desplazamiento y de succionar el aire para cada parte de ventosa.

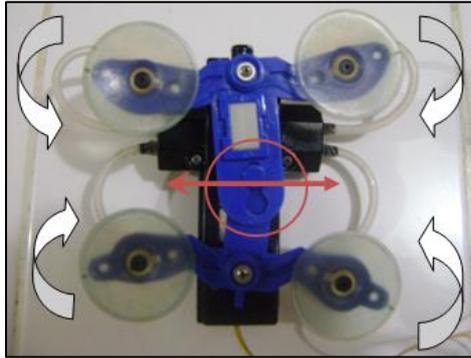


Fig.7.2: Movimientos Estructura Bombero
FUENTE: [PROPIA]

El funcionamiento de este sistema es el siguiente:

El sistema posee un solo motor con una caja de engranes que se encarga de realizar el desplazamiento del robot y del accionamiento de succión de las ventosas.

En la parte inferior posee un bocín que se desplaza de izquierda a derecha permitiendo mover el sistema de ventosas de abajo hacia arriba. Este mismo motor acciona las ventosas con el movimiento de una plancha plástica de izquierda a derecha ejerciendo una fuerza de presión sobre un fuelle plástico para bombear aire y al lado opuesto estira otro para succionar aire permitiendo adherirse al vidrio.

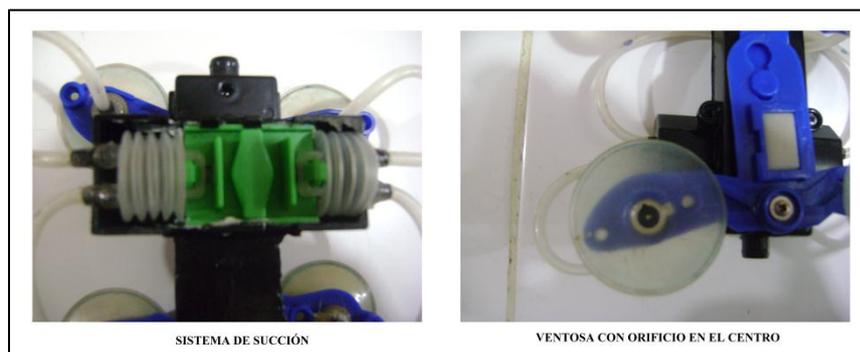


Fig.7.3: Fuelle de succión y ventosa estructura bombero
FUENTE: [PROPIA]

En el centro de la ventosa existe un orificio donde transita el aire según el trabajo los fuelles.

La unión de dos sistemas permite construir una estructura que se deslizaba por medio de ventosas, las cuáles son activadas por un motor DC por cada lado.



Fig.7.4: Doble estructura
FUENTE: [PROPIA]

Este sistema se desplaza hacia adelante y hacia atrás, y al utilizar dos sistemas se podría controlar el giro tanto hacia la derecha como a la izquierda.

Al poner a prueba este primer diseño vemos que tiene una limitación y es que su desplazamiento es mínimo en relación a su actividad mecánica, y sus ventosas no se adhieren tan fuertemente como para soportar el peso del sistema.

ESTRUCTURA ROBOT VERTIBOT

El segundo estudio es el Robot Vertibot. Se importó de estados Unidos dos robots, los cuáles poseen un sistema de ventosas muy eficiente para adherirse a una superficie lisa.



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

Fig.7.5: Robot Vertibot
FUENTE: [PROPIA]

Al desarmarlo se comprobó que poseía un sistema muy complejo y todo controlado en una sola caja de reducción con un solo motor.



Fig.7.6: Caja de engranes Vertibot
FUENTE: [PROPIA]

Las ventosas y el movimiento del robot están totalmente sincronizados por un sistema de engranes muy complejo que sólo funcionan al encender el robot.

Tiene un único sentido de desplazamiento, siempre se desplaza hacia adelante, es decir no tiene giro ni a la izquierda ni a la derecha, para esto se trató de modificar los sistemas mecánicos de dos robot y controlarlo mediante un microcontrolador sus giros, pero no fue viable ya que los sistemas sólo cumplían su acción de absorción cuando se movilizaba hacia delante, pero si se deseaba el desplazamiento hacia atrás, se trababa la caja de engranaje de todo el sistema.

ROBOT CUADRÚPEDO ASTARTE

Este Robot cuadrúpedo posee dos grados de libertad en caja pata. Su diseño se basó en la estructura de los insectos y la construcción total fue realizada en acrílico.

Los diseños se realizaron en Adobe Illustrator.

Para el sistema de succión se incorporó un fuelle a cada pata accionado por un servomotor. En las pruebas el robot se desplazaba sobre una superficie de vidrio inclinada hasta 60 grados.

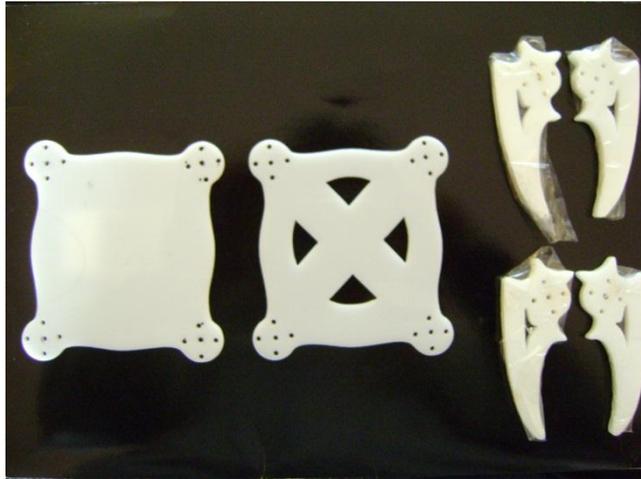


Fig.7.7: Piezas acrílico Robot Cuadrúpedo
FUENTE: [PROPIA]

El peso del Robot es de 870 gramos. Lo cual es muy pesado para mantenerse adherido al vidrio de la ventana. El sistema de succión no es suficiente para equilibrar al robot.

Este robot se puede trasladar sobre una ventana cuando se le adapta un compresor externo a sus ventosas.

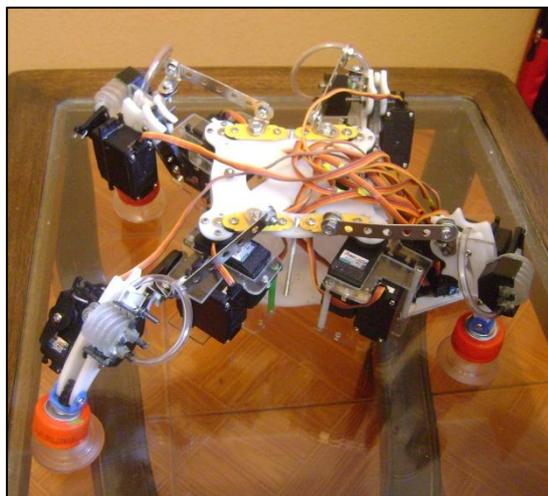


Fig.7.8: Robot Cuadrúpedo
FUENTE: [PROPIA]

ROBOT CUADRUPEDO LAGARTIJA

La característica de este Robot es que su cuerpo está más cerca al área del vidrio, este principio está en base a la estructura de las lagartijas.

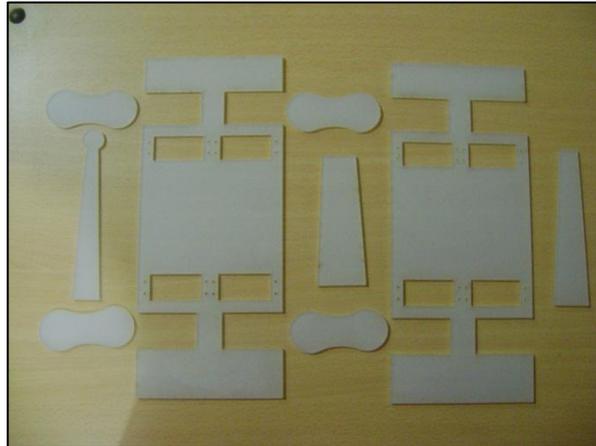


Fig.7.9: Piezas acrílico Robot Lagartija
FUENTE: [PROPIA]

Las dimensiones del robot lagartija son: 35 cm de largo por 30cm de ancho y tres centímetros de espesor.

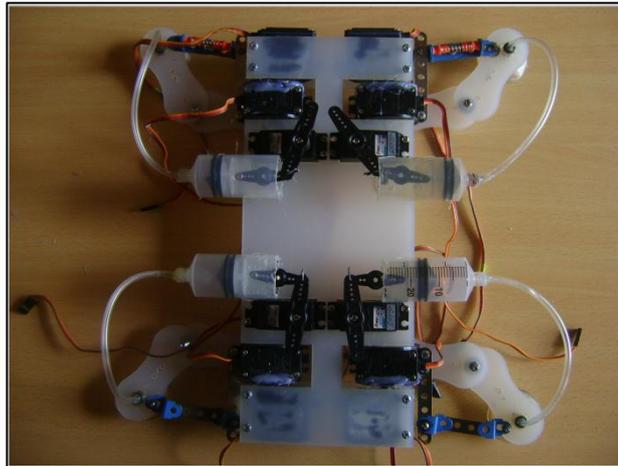


Fig.7.10: Robot Lagartija
FUENTE: [PROPIA]

El peso es menor a ASTARTE reduciéndose a 678 gramos.

Su estructura está más cerca del área del vidrio y el ancho del Robot se redujo a 3,5 cm.



Fig.7.7: Vista lateral Robot lagartija
FUENTE: [PROPIA]

Su adherencia mejoró drásticamente. El sistema de ventosas formado por jeringas es excelente, el problema es que los servos al ejercer fuerza sobre las jeringas accionan lentamente el sistema.

ANEXO2

ANÁLISIS Y ESTUDIO DE VENTOSAS

Para el Diseño se analizará los diferentes tipos de ventosas que existen en el mercado.

<i>Imagen</i>	<i>Ventosa</i>	<i>Característica</i>	<i>Tamaño</i>
	<i>Material Polipropileno, de bajo costo</i>	<i>Superficie medianamente granulada. Su fuerza depende de la presión</i>	<i>Diámetro 3cm.</i>
	<i>Material Silicona, de mediano costo</i>	<i>Superficie altamente granulada. No necesita tanta presión para adherirse, para despegarse necesita de una fuerza mayor</i>	<i>Diámetro 3cm.</i>
	<i>Material Goma doble ventosa, de mediano costo</i>	<i>Superficie altamente áspera y granulada. No necesita tanta presión para adherirse, para despegarse no necesita de una fuerza mayor</i>	<i>Diámetro de cada ventosa 1cm.</i>

	<i>Material Caucho, utilizado en la industria, de alto costo</i>	<i>Superficie altamente áspera y granulada. Necesariamente depende de un compresor externo para ejercer succión.</i>	<i>Existen diferentes diámetros y tipos, dependen también del número de fuelles</i>
	<i>Material Caucho, de alto costo</i>	<i>Superficie medianamente granulada. No necesita tanta presión para adherirse, necesita de una mayor fuerza para despegarse</i>	<i>Existen de diámetros superiores a 4cm.</i>

Tabla.7.1: Cuadro comparativo tipos de ventosas

FUENTE: [PROPIA]

La que se adapta a los requerimientos del Robot son las ventosas de goma por su fácil despegue del área del vidrio y por su agarre superior en relación a su tamaño.

Estas ventosas originalmente se encuentran en los cepillos dentales de niños y sirven para sujetarlos en el espejo de un tocador. Lo interesante de estas ventosas es que vienen en forma de dos patitas y en cada una se encuentra una pequeña ventosa de goma. Lo que permitirá contar con mayor área de agarre.



Fig.7.8: Base del cepillo dental

FUENTE: [PROPIA]

ANÁLISIS DE CAJAS DE REDUCCIÓN Y MOTORES DC.

La caja de reducción es el sistema de engranes que necesita un motor para obtener mayor fuerza en su movimiento circular.

En el mercado existen una serie de motores de corriente continua que poseen su propia caja reductora e incluso están presentes en todos los juguetes móviles que funcionan a baterías.

Para nuestro caso es necesario una caja reductora que incremente altamente la fuerza del motor y más no tanto la velocidad.

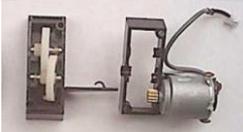
Imagen	Caja de reducción	Característica	Tamaño
	Material Polipropileno negro, incluye motor.	Tiene un torque de 7kg/cm, peso 90 g	Diámetro 2,5cm* 5cm de largo
	Material Metálico, incluye motor	Tiene un torque de 9kg/cm, peso 105g	Diámetro 2,5cm * 5 cm de largo.
	Material Metálico, incluye motor	Tiene un torque de 3,5 kg/cm, peso 39g	Diámetro 1,5 * 3 cm de largo.
	Material polipropileno, incluye motor	Tiene un torque desde 5,5 kg/cm, hasta 6,0 kg/cm, su peso 35g.	Existen diferentes tamaños y formas
	Material Polipropileno negro (servomotor destruncado)	Tiene un torque desde 3,5 kg/cm su peso 56g.	4,1 cm * 2 cm * 3,9 cm.

Tabla.7.2: Cuadro comparativo tipos cajas reductoras
FUENTE: [PROPIA]

La caja de reducción que se usará es la de una araña cuyo sistema de engranes es de cuatro grados, la que incrementa en gran medida la fuerza que posee su motor DC original. Su forma es horizontal, lo que facilita el diseño del pie del robot, tiene las siguientes medidas 11cm * 1,5 cm * 3cm, con un peso aproximado de 62g.

ANEXO 3

MANUAL DE USUARIOS

INTRODUCCIÓN

Contribuir con el desarrollo investigativo de la Empresa, por medio del estudio de la construcción del prototipo Robot escalador, especialmente en los diferentes campos que

este demanda como son: mecánica, neumática, electrónica, sistemas, visión artificial, telecomunicaciones, física y matemática de los cuerpos en movimiento.

DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Agentes:

Personas que interactúan con el sistema, con diferentes responsabilidades y acciones. El agente que interviene en este sistema es el usuario.

Usuario:

El Agente Usuario administra la información de cliente y recordatorios.

Login:

Nombre que identifica a una persona dentro del sistema.

Clic:

Presionar con el botón izquierdo del mouse.

Enter:

Presionar la tecla ENTER del teclado del computador.

INDICACIONES PREVIAS

Antes de ejecutar el programa es necesario adecuar condiciones ideales para la acción del Robot.

- Se debe colocar dos Lámparas de luz Blanca para evitar ruido en la imagen captada desde la cámara.
- La cámara debe estar ubicada frente al vidrio a una distancia de 4,5 metros.
- Se debe ubicar al robot en el extremo del vidrio ejerciendo presión sobre el vidrio.

IMPLEMENTACIÓN MODULO USBTERA2.0

Para que el sistema funcione es necesaria la implementación del módulo Xbee, para lo cual se debe tener en cuenta que se comunica con el computador por medio del conector RS-232.

Para que la placa cree un COM virtual es necesario instalar un driver propio de la casa ATMEL compatible con los AVR's, que se lo descarga de la página de su fabricante.

Al descargar se obtiene una carpeta zip. Al descomprimir nos aparecerán diferentes carpetas, estas nos indicarán el tipo de driver para cada sistema operativo, escogeremos el compatible para Windows 7 que es el que estamos usando para el robot Escalador.

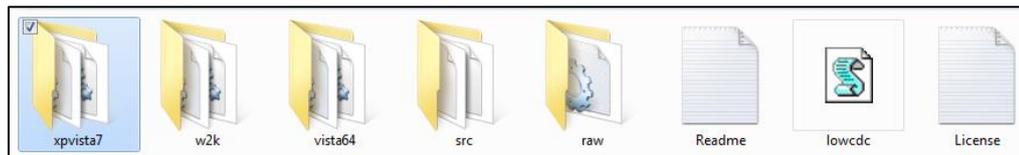


Fig.7.9: Carpeta Com Virtual
FUENTE: [PROPIA]

Su instalación es de la siguiente manera:

Ingresamos en Administrador de dispositivos por medio del menú propiedades presionando derecho sobre mi Equipo. Luego conectamos la Placa USBTERA2.0 en el puerto USB, el cual nos pedirá el driver de instalación.

En la pantalla de Administrador de Dispositivos nos aparecerá como dispositivo desconocido.

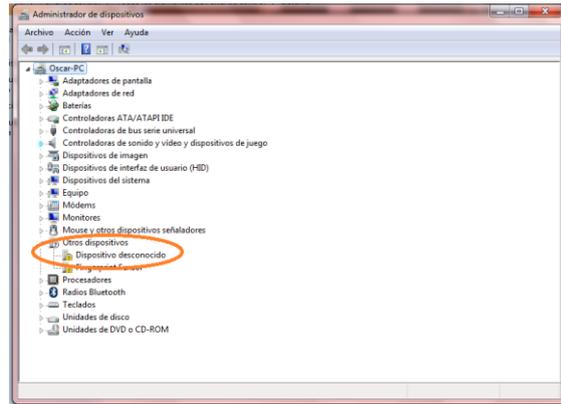


Fig.7.10: Administrador de tareas
FUENTE: [PROPIA]

Realizamos clic derecho sobre dispositivo desconocido y escogemos actualizar software de controlador.

Direccionamos a la carpeta XPVista7, donde se encuentra los drivers de ATMEL y se instalará los drivers y la placa USBTERA2.0 será reconocido por el equipo.



Fig.7.11: USBTera2.0
FUENTE: [PROPIA]

Una vez que se obtiene la conexión con el puerto, ya se puede tener una comunicación con el robot.

Para la implementación del Sistema Robótico Bifrus, fue necesario la instalación de la plataforma java y del servidor de base de datos MySQL, los cuales permiten que el programa pueda generarse de manera correcta al momento de ser ejecutado en el computador.

Una vez que se han instalado los requerimientos descritos anteriormente, se debe generar la base de datos y luego instalar el programa de recordatorios, para lo que seguimos los siguientes pasos:

Primero se debe agregar la Base de Datos en el Procesador, para lo cual se debe abrir un programa generador de base de datos MySQL, y realizar la conexión con el servidor.

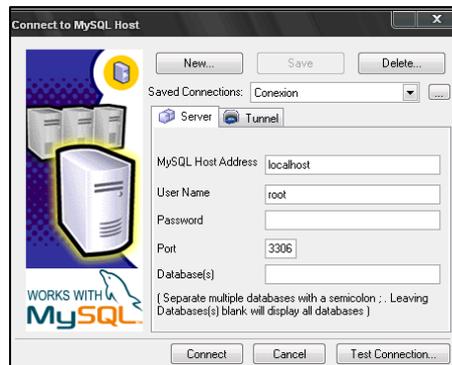


Fig.7.12: Conexión MySql
FUENTE: [PROPIA]

Luego de realizada la Conexión, en la pestaña BD se escoge la opción Import From SQL Dump.

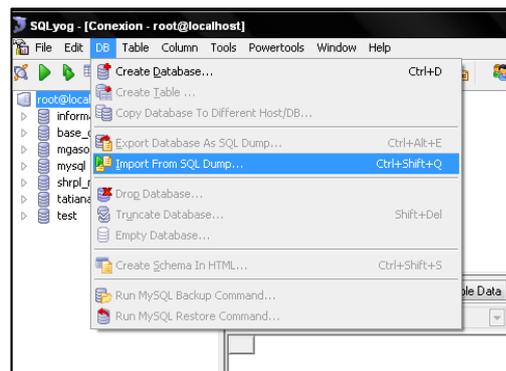


Fig.7.13: Importación MySql
FUENTE: [PROPIA]

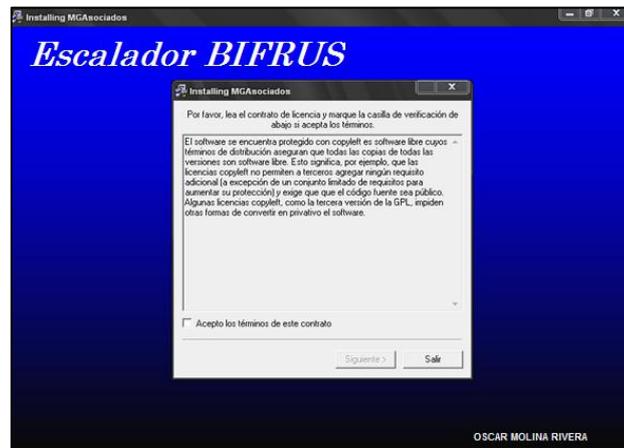
Aparecerá una ventana en la cual se elige la Ubicación del archivo donde se encuentra generado el código SQL de la base de datos y hacemos clic en Execute.

Ya creada la Base de Datos del Programa, ejecutamos el instalador del programa.



Fig.7.14: Icono de Instalación
FUENTE: [PROPIA]

Entonces aparecerá la pantalla de la licencia del software copyleft que permite modificar el código del software libremente.



*Fig.7.15: Instalación del Programa
FUENTE: [PROPIA]*

Cuando se haya leído los términos de la licencia se marca la opción de acepto los términos de la Licencia, y se da clic en siguiente.

Inmediatamente después aparece la pantalla de empezar la instalación y determina la ubicación de todos los archivos necesarios para que el software y el hardware funcionen de forma correcta, dar clic en comenzar.



*Fig.7.16: Carpeta Principal de instalación
FUENTE: [PROPIA]*

Posteriormente de que haya finalizado la instalación aparecerán las opciones de: ver el archivo léeme y ejecutar la aplicación instalada, se da clic en aceptar.



Fig.7.17: Instalación Completa
FUENTE: [PROPIA]

Finalmente se abrirá la ventana que contiene el ícono de acceso directo y el desinstalador del programa.



Fig.7.18: Instalación del Programa
FUENTE: [PROPIA]

Cuando se ha terminado de realizar la instalación hacemos clic sobre el acceso directo Bifrus aparecerá la ventana principal del programa.



Fig.7.19: Inicio del programa
FUENTE: [PROPIA]

VALIDACIÓN DE USUARIO

Permite ingresar el nombre y la clave del usuario que usará el Software.

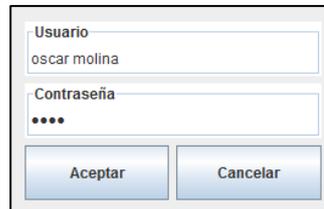
Un formulario de validación de usuario con dos campos de texto y dos botones. El primer campo está etiquetado como 'Usuario' y contiene el texto 'oscar molina'. El segundo campo está etiquetado como 'Contraseña' y contiene cinco puntos para ocultar el texto. Debajo de los campos hay dos botones: 'Aceptar' a la izquierda y 'Cancelar' a la derecha.

Fig.7.20: Validación de usuario
FUENTE: [PROPIA]

PANTALLA PRINCIPAL

En la pantalla principal se observa la imagen captada de la cámara IP. Además posee un menú en la parte superior donde se pueden realizar acciones

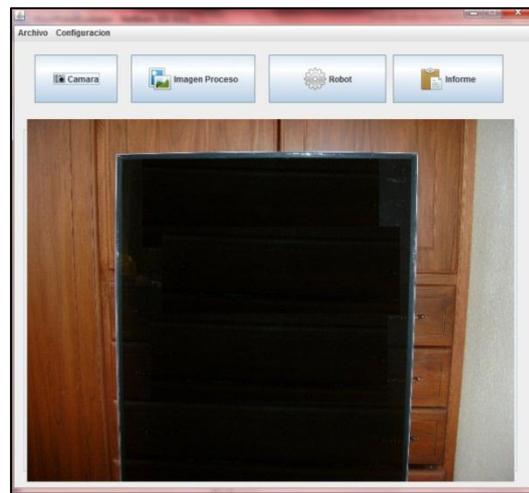


Fig.7.21: Imagen Proyectada
FUENTE: [PROPIA]

MENÚ PANTALLA PRINCIPAL

El menú principal está conformado por:

- Cámara.
- Imagen Proceso.
- Robot
- Informe.



Fig.7.22: Menú Principal
FUENTE: [PROPIA]

CÁMARA



Presione este botón para capturar la imagen que se va a procesar.

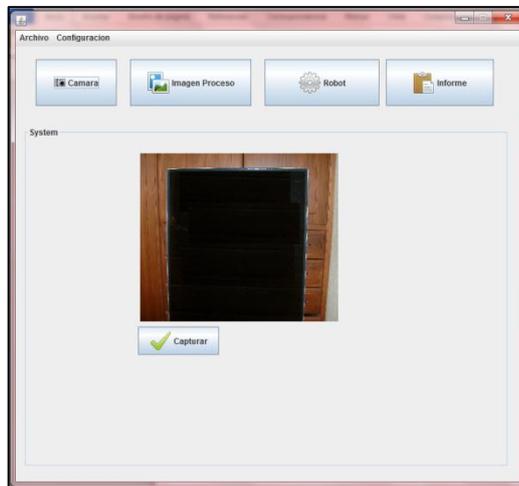


Fig.7.23: Pantalla Captura Imagen
FUENTE: [PROPIA]

Luego se captura la imagen presionando el botón capturar. De esta imagen depende de los resultados. Capture varias imágenes hasta tener la adecuada.

5.1.1.1 IMAGEN PROCESO



Este botón sirve para mostrar la ventana Imagen de Proceso de la imagen.

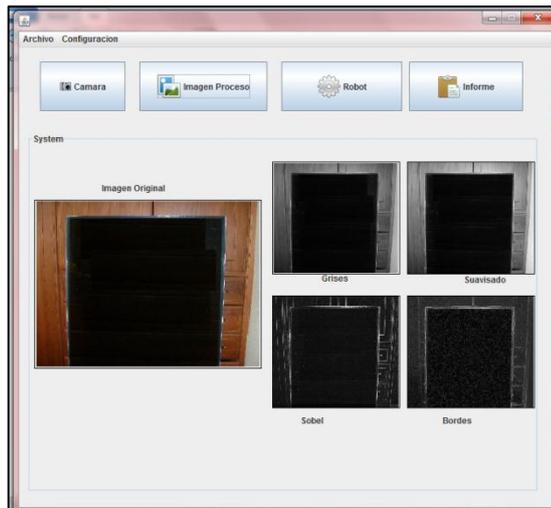


Fig.7.23: Pantalla Captura Imagen
FUENTE: [PROPIA]

BOTÓN DE CONTROL



Sirve para controlar los movimientos del Robot. Se encarga de enviar las instrucciones al robot por el puerto serial

BOTÓN DE INFORME



Este sirve para poder revisar los datos obtenidos del Procesamiento de la imagen como:

- Largo de la ventana.
- Acho de la ventana.
- Área de la ventana.