



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD INFORMÁTICA Y ELECTRONICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRONICA EN
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

***“DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN ROBOT
SUBMARINO CONTROLADO POR RADIOFRECUENCIA
PARA EXPLORACION EN PEQUEÑOS ESTANQUES DE
AGUA DULCE”***

TESIS

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMPUTACION

Presentada por:

LEONIDAS FERNANDO OÑA MEDINA

GERARADO RENÉ ARMIJOS GALÁRRAGA

Riobamba- Ecuador

- 2011 -

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada, en primer lugar a mis padres por haberme guiado por el camino correcto y a su apoyo incondicional.

También lo dedico a mis amigos y a las personas que me han brindado su amor, apoyo y comprensión principal motivación para culminar mi carrera profesional.

Leonidas Fernando Oña Medina

Dedico esta tesis a mis padres que con su amor y cariño han sabido apoyarme en toda mi carrera.

A mi mujer y mi nueva familia que están a mi lado incondicionalmente.

Gerardo René Armijos Galárraga

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más sentido agradecimiento a todos mis amigos que hice en la politécnica que con su apoyo en los momentos difíciles, lograron crear en mi una actitud positiva ante todos los retos de mi vida, a Ximena que me enseñó que las oportunidades hay que tomarlas, Alexandra que me enseñó que siempre se puede cambiar, Carolina que me enseñó a ver el mundo con otros ojos. De igual manera un agradecimiento a mis profesores de la Escuela de Ingeniería Electrónica y Tecnología en Computación.

Leonidas Fernando Oña Medina

Agradezco a Dios por haberme dado la vida, la salud y las fuerzas para seguir adelante en la culminación de mi carrera.

A mis compañeros que me brindaron su apoyo y amistad sincera.

A mis profesores de la Escuela de Ingeniería Electrónica y Tecnología en Computación porque con sus enseñanzas guiaron mi camino.

Gerardo René Armijos Galárraga

RESPONSABILIDAD

“Nosotros LEONIDAS FERNANDO OÑA MEDINA, GERARDO RENÉ ARMIJOS GALÁRRAGA somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta: tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

Leonidas Fernando Oña Medina

Gerardo René Armijos Galárraga

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ABREVIATURA	DESCRIPCION
E.S.PO.CH.	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
F.I.E.	Facultad Informática Electrónica
E.I.E.TC.	Escuela de Ingeniería Electrónica y tecnología en computación
I/O	Entrada o salida de datos.
VPP	Entrada de voltaje
GND	Masa (Voltaje de referencia)
CLK	Señal de reloj
VCC	Entrada de voltaje de alimentación
CC	Corriente continúa
BAT	Batería

RF	Radio frecuencia
Mhz	Unidad megahertz
AM	Amplitud Modulada
FM	Frecuencia modulada
TX	Transmisor
RX	Receptor
V	Voltaje
I	Corriente
A	Amperio
mA	Miliamperio
mV	Mili voltio

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1: Automata.....	23
Figura II.2: Robot en la industrial.....	30
Figura II.3: Manejo de piezas.....	31
Figura II.4: Maquina soldadora.....	33
Figura II.5: Colocación de tubos de pruebas químicas.....	34
Figura II.6: Robot UMV.....	35
Figura II.7: Robot submarino de exploración.....	36
Figura II.8: Relación entre longitud de onda y diámetro.....	39
Figura II.9: Propagación onda directa.....	40
Figura II.10: Propagación de RF sobre la superficie de la tierra.....	41
Figura II.11: Señal refractada en la ionósfera.....	42
Figura II.12: Difracción de una señal por la ionósfera.....	42
Figura II.13: Meteoros en la ionósfera.....	43
Figura II.14: Señales de RF a altas frecuencia.....	43
Figura II.15: Esquema de modulación.....	44
Figura II.16: Modulación en frecuencia.....	47
Figura II.17: Modulación PSK.....	48
Figura II.18: Bajo el agua frente a la atenuación de frecuencia.....	50
Figura II.19: Aire para la pérdida de refracción del agua en función de la frecuencia.....	51
Figura II.20: Longitud de onda de frecuencia versos.....	52
Figura II.21: Transmisión Camino - Aire de agua dulce.....	54
Figura II.22: Camino de transmisión - de agua dulce al aire.....	54
Figura II.23: Ruta de Transmisión - Agua Dulce, tanto el transmisor y el receptor sumergido.....	55
Figura II.24: La transmisión a larga distancia por encima dela superficie de un receptor sumergidos.....	55
Figura II.25: Comunicación entre dos estaciones sumergidas a través del aire.....	56
Figura II.26: Rotor del motor.....	60
Figura II.27: Estator.....	61

Figura III.1: Submarino EEUU seawolf.....	70
Figura III.2: Vista superior.....	70
Figura III.3: Vista frontal.....	71
Figura III.4: Vista lateral.....	72
Figura III.5: Despliegue de piezas.....	72
Figura III.6: Postura Horizontal.....	74
Figura III.7: Equilibrio del submarino.....	74
Figura III .8: Disposición de balance.....	75
Figura III.9: Estabilidad frontal.....	76
Figura III.10: Formula de la relación Velocidad, ángulo y fuerza.....	77
Figura III.11: Inmersión y emerger.....	77
Figura III.12: Submarino con motor central.....	78
Figura III.13: Submarino con motores de avance y giro.....	78
Figura III.14: Tipos depropelas.....	80
Figura IV.1: Señales del CI.....	81
Figura IV.2: temporizador.....	83
Figura IV.3: Forma de onda.....	83
Figura IV.4: Transmisor.....	84
Figura IV.5: Receptor.....	85
Figura IV.6: Canales de transmisión.....	86
Figura IV.7: Cantidad de canales transmitidos.....	87
Figura V.1: Tubo PVC	92
Figura V.2: Nivelador.....	92
Figura V.3: Recorte de palas.....	93
Figura V.4: Ranuras en los bocines.....	93
Figura V.5: Angulo de las palas.....	94
Figura V.6: Hélices terminadas.....	94
Figura V.7: Sellado del motor.....	95
Figura V.8: Encapsulado de motor.....	95
Figura V.9: Adaptación hélice.....	96
Figura V.10: Cámara inalámbrica.....	96

FiguraV.11: Cables internos.....	97
Figura V.12: Vista frontal del prototipo.....	98
Figura V.13: Vista superior del prototipo.....	98
Figura V.12: Submarino en tanque pequeño.....	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I: División de las bandas del espectro de radiofrecuencia.....	37
TablaII.II: Distribución de piezas.....	59

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
LISTA DE ABREVIATURAS	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
INDICE GENERAL	

CAPITULO I: MARCO REFERENCIAL

1.1 Formulación general del proyecto de tesis.....	17
1.1.1 Antecedentes.....	17
1.1.2 Justificación del proyecto de tesis.....	18
1.2Objetivos.....	19
1.2.1 Objetivo General.....	19
1.2.2 Objetivos Específicos.....	19

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Robótica.....	20
2.1.1 Introducción.....	20
2.1.2 Historia	21
2.1.3 Automatización y Robótica.....	24
2.1.4 Clasificación de los robots.....	27
2.1.4.1 Robots Play-back	27
2.1.4.2 Robots controlados por sensores.....	28
2.1.4.3 Robots controlados por visión.....	28
2.1.4.4 Robots controlados adaptablemente.....	28
2.1.4.5 Robots con inteligencia artificial.....	28
2.1.4.6 Dispositivos de manejo manual.....	28
2.1.4.7 Robots de secuencia variable.....	28
2.1.4.8 Robots regeneradores.....	28

2.1.4.9 Robots de control numérico.....	28
2.1.4.10 Robots inteligentes.....	28
2.1.5 Aplicaciones.....	28
2.1.5.1. Industria.....	29
2.1.5.2. Aplicación de transferencia de material.....	30
2.1.5.3 Carga y descarga de maquinas.....	30
2.1.5.4 Operaciones de procesamiento.....	31
2.1.5.5 Soldadura por arco continua.....	32
2.1.5.6 Recubrimiento con spray.....	32
2.1.5.7 Otras Operaciones de proceso.....	32
2.1.5.8 Laboratorios.....	33
2.1.6 Vehículos submarinos.....	34
2.1.6.1 Vehículos submarinos no tripulados.....	35
2.2 Transmisión por radiofrecuencia.....	36
2.2.1 Introducción.....	36
2.2.2 Características de la propagación de RF.....	37
2.2.2.1 Refracción.....	38
2.2.2.2 Reflexión.....	38
2.2.2.3 Dispersión.....	38
2.2.2.4 Difracción.....	39
2.2.2.5 Comunicaciones inalámbricas.....	39
2.2.2.6 Propagación por onda directa.....	40
2.2.2.7 Propagación por onda terrestre.....	40
2.2.2.8 Propagación por onda refractada o ionosférica.....	41
2.2.2.9 Propagación por difracción ionosférica.....	42
2.2.2.10 Propagación por difracción meteórica.....	43
2.2.2.11 Propagación troposférica.....	43
2.2.2.12 Propagación de RF para comunicaciones satelitales.....	44
2.2.3 Tipos de modulación.....	44
2.2.3.1 Modulación por onda continua.....	45

2.2.3.1.1	Modulación de amplitud.....	46
2.2.3.1.2	Modulación de frecuencia.....	46
2.2.3.1.3	Modulación de fase.....	47
2.2.4	Transmisión bajo el agua	48
2.2.4.1	Conductividad del agua.....	49
2.2.4.2	Atenuación.....	49
2.2.4.3	Refracción o interfaz pérdida en la superficie.....	51
2.2.4.4	Longitud de onda en el agua.....	52
2.2.4.5	Opciones de transmisión.....	53
2.2.4.6	Antenas.....	57
2.2.4.7	Agua de mar.....	58
2.3	Motores.....	59
2.3.1	Tipos de motores eléctricos.....	62
2.3.1.1	Motor serie.....	62
2.3.1.2	Motor compound.....	63
2.3.1.3	Motor shunt.....	63
2.3.1.4	Motor síncrono.....	63
2.3.1.5	Motor lineal.....	65

CAPITULO III: ESTRUCTURA Y DISEÑO DEL SUBMARINO

3.1	Carcaza.....	67
3.1.1	Diseño.....	68
3.2	Sistema de navegación.....	73
3.3	Sistema de propulsión.....	79

CAPITULO IV: CIRCUITOS DE CONTROL

4.1	Circuito transmisor.....	81
4.1.1	En resumen el LM1871.....	82
4.1.2	Características eléctricas.....	82
4.2	Circuito receptor.....	85
4.2.1	Descripción general.....	85

4.2.2 Circuito decodificador.....	88
4.2.3 Ajustes de sincronismo.....	89
4.2.4 Estabilidad General.....	89
4.2.5 Ajustes del receptor.....	90

CAPITULO V: IMPLEMENTACIÓN

5.1 Construcción del casco.....	91
5.2 Niveladores.....	92
5.3 Construcción de las Hélices.....	93
5.4 Ensamblaje de motores y hélices.....	95
5.5 Cámara inalámbrica.....	96
5.6 Circuitería interior.....	97
Resultados.....	100

Conclusiones

Recomendaciones

Resumen

Sumario

Bibliografía

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 FORMULACIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE TESIS

1.1.1 ANTECEDENTES

El vertiginoso avance de la tecnología en el área de la comunicación y la robótica al punto que hoy en día podemos encontrar en el mercado robots de varios tipos y utilidades estos van desde diseños simples como juguetes para niños hasta sistemas complejos montados en industrias, fábricas entre otras.

La investigación de la tecnología ha alcanzado logros importantes, facilitando la realización de tareas peligrosas para el hombre o proporcionando una mejor calidad de vida. Por ello; las aplicaciones de la tecnología son extensivas en muchos sectores como: la Educación, Agricultura, Construcción, Espacio, Medicina, Vigilancia y Seguridad, Ayuda a discapacitados entre otros campos.

El desarrollo de la robótica a sufrido como otras ramas de la electrónica varios cambios desde su inicio con sistemas robóticos diseñados con resortes y engranajes simples hasta la aparición del microchip y microprocesadores, micromotores que dan nuevas utilidades y ponen en juego la inventiva de los diseñadores de estas complicadas máquinas.

1.1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

El proyecto a desarrollar en el presente trabajo está orientado a realizar una aplicación de la robótica radiocontrolada, en un ambiente diferente de la tierra y su respectiva comunicación en un medio no gaseoso, ya que muy poco estudio y desarrollo se ha realizado en el ámbito de la acuatrónica o manipulación de sistemas robóticos en medio líquido como el agua por lo cual queremos que este trabajo impulse al futuro desarrollo de sistemas robóticos que se desenvuelvan en ambientes diferentes u hostiles.

También se realizara un estudio sobre la comunicación por radiofrecuencia es afectada en un medio conductor diferente al aire, lo cual nos proporcionara un precedente para el desarrollo de futuros proyectos.

El campo de la investigación subacuática es muy difícil y costosa, de manera que un proyecto como este podría satisfacer muchas necesidades, ya que uno de los propósitos es disminuir el costo del material para la elaboración de un Mini-Submarino y además abrir una puerta para la investigación submarina de alto riesgo, poniendo por ejemplo una laguna donde se tienen que tomar muestras o fotografías en todas las épocas del año, se puede tornar difícil el trabajo de muestreo en una época del año como lo es en invierno, donde la temperatura del agua se puede tornar insoportable para un hombre rana que cuenta tan sólo con un traje de buzo húmedo corriendo el riesgo de sufrir hipotermia, por lo que tendría que usar un traje de buceo seco el cual es muy costoso, pero no como el curso de especialidad que se debe tomar para alcanzar el nivel de buceo requerido para poder utilizarlo, eso sin tomar en cuenta el riesgo que se corre al descender en este tipo de aguas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL:

Diseñar e implementar un robot submarino controlado por radiofrecuencia para exploración en pequeños tanques de agua dulce.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Construir un sistema robótico que se desenvuelva en un medio diferente de la tierra siendo este agua.
- Investigar, los efectos de las ondas de comunicación sobre medios diferentes a los gaseosos.
- Diseñar e implementar estructuras controladas en el robot que permita su maniobrabilidad inmersa en agua.
- Implantar una microcámara independiente para la recolección de imágenes para su posterior análisis.
- Desarrollar el proyecto para incentivar a los estudiantes al desarrollo de proyectos en el área de la acuatronica

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ROBÓTICA

2.1.1 INTRODUCCIÓN

La robótica es un concepto de dominio público. La mayor parte de la gente tiene una idea de lo que es la robótica, sabe sus aplicaciones y el potencial que tiene; sin embargo, no conocen el origen de la palabra robot, ni tienen idea del origen de las aplicaciones útiles de la robótica como ciencia.

La robótica como hoy en día la conocemos, tiene sus orígenes hace miles de años. Nos basaremos en hechos registrados a través de la historia, y comenzaremos aclarando que antiguamente los robots eran conocidos con el nombre de autómatas, y la robótica no era reconocida como ciencia, es más, la palabra robot surgió hace mucho después del origen de los autómatas.

Desde el principio de los tiempos, el hombre ha deseado crear vida artificial. Se ha empeñado en dar vida a seres artificiales que le acompañen en su morada, seres que

realicen sus tareas repetitivas, tareas pesadas o difíciles de realizar por un ser humano. De acuerdo a algunos autores, como J. J. C. Smart y Jasia Reichardt, consideran que el primer autómatas en toda la historia fue Adán creado por Dios. De acuerdo a esto, Adán y Eva son los primeros autómatas inteligentes creados, y Dios fue quien los programó y les dio sus primeras instrucciones que debieran de seguir. Dentro de la mitología griega se puede encontrar varios relatos sobre la creación de vida artificial, por ejemplo, Prometeo creó el primer hombre y la primera mujer con barro y animados con el fuego de los cielos. De esta manera nos damos cuenta de que la humanidad tiene la obsesión de crear vida artificial desde el principio de los tiempos. Muchos han sido los intentos por lograrlo.

Los hombres creaban autómatas como un pasatiempo, eran creados con el fin de entretener a su dueño. Los materiales que se utilizaban se encontraban al alcance de todo el mundo, esto es, utilizaban maderas resistentes, metales como el cobre y cualquier otro material moldeable, esto es, que no necesitara o requiriera de algún tipo de transformación para poder ser utilizado en la creación de los autómatas.

Estos primeros autómatas utilizaban, principalmente, la fuerza bruta para poder realizar sus movimientos. A las primeras máquinas herramientas que ayudaron al hombre a facilitarle su trabajo no se les daba el nombre de autómatas, sino más bien se les reconocía como artefactos o simples máquinas.

2.1.2 HISTORIA

Por siglos el ser humano ha construido máquinas que imiten las partes del cuerpo humano. Los antiguos egipcios unieron brazos mecánicos a las estatuas de sus dioses. Estos brazos fueron operados por sacerdotes, quienes clamaban que el movimiento de estos era inspiración de sus dioses. Los griegos construyeron estatuas que operaban con sistemas hidráulicas, los cuales se utilizaban para fascinar a los adoradores de los templos.

Durante los siglos XVII y XVIII en Europa fueron construidos muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de robots.

Jacques de Vauncansos construyó varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. Esencialmente se trataba de robots mecánicos diseñados para un propósito específico: la diversión.

En 1805, Henri Maillardert construyó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos. Una serie de levas se utilizaban como 'el programa' para el dispositivo en el proceso de escribir y dibujar. Estas creaciones mecánicas de forma humana deben considerarse como inversiones aisladas que reflejan el genio de hombres que se anticiparon a su época. Hubo otras invenciones mecánicas durante la revolución industrial, creadas por mentes de igual genio, muchas de las cuales estaban dirigidas al sector de la producción textil. Entre ellas se puede citar la hiladora giratoria de Hargreaves (1770), la hiladora mecánica de Crompton (1779), el telar mecánico de Cartwright (1785), el telar de Jacquard (1801), y otros.

El desarrollo en la tecnología, donde se incluyen las poderosas computadoras electrónicas, los actuadores de control retroalimentados, transmisión de potencia a través de engranes, y la tecnología en sensores han contribuido a flexibilizar los mecanismos autómatas para desempeñar tareas dentro de la industria. Son varios los factores que intervienen para que se desarrollaran los primeros robots en la década de los 50's. La investigación en inteligencia artificial desarrolló maneras de emular el procesamiento de información humana con computadoras electrónicas e inventó una variedad de mecanismos para probar sus teorías.

No obstante las limitaciones de las máquinas robóticas actuales, el concepto popular de un robot es que tiene una apariencia humana y que actúa como tal. Este concepto humanoide ha sido inspirado y estimulado por varias narraciones de ciencia ficción.

Una obra checoslovaca publicada en 1917 por KarelKapek, denominada Rossum's Universal Robots, dio lugar al término robot. La palabra checa 'Robota' significa servidumbre o trabajador forzado, y cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término robot. Dicha narración se refiere a un brillante científico llamado Rossum y su hijo, quienes desarrollan una sustancia química que es similar al protoplasma. Utilizan ésta sustancia para fabricar robots, y sus planes consisten en que los robots sirvan a la clase humana de

forma obediente para realizar todos los trabajos físicos. Rossum sigue realizando mejoras en el diseño de los robots, elimina órganos y otros elementos innecesarios, y finalmente desarrolla un ser 'perfecto'. El argumento experimenta un giro desagradable cuando los robots perfectos comienzan a no cumplir con su papel de servidores y se rebelan contra sus dueños, destruyendo toda la vida humana.

Entre los escritores de ciencia ficción, Isaac Asimov contribuyó con varias narraciones relativas a robots, comenzó en 1939, a él se atribuye el acuñamiento del término Robótica. La imagen de robot que aparece en la figura II.1, es el de una máquina bien diseñada y con una seguridad garantizada que actúa de acuerdo con tres principios.



Figura II.1: Automata

Estos principios fueron denominados por Asimov las **Tres Leyes de la Robótica**, y son:

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

Consecuentemente todos los robots de Asimov son fieles sirvientes del ser humano, de ésta forma su actitud contraviene a la de Kapek.

2.1.3 AUTOMATIZACIÓN Y ROBOTICA

La historia de la automatización industrial está caracterizada por períodos de constantes innovaciones tecnológicas. Esto se debe a que las técnicas de automatización están muy ligadas a los sucesos económicos mundiales.

El uso de robots industriales junto con los sistemas de diseño asistidos por computadora (CAD), y los sistemas de fabricación asistidos por computadora (CAM), son la última tendencia en automatización de los procesos de fabricación y luego se cargaban en el robot. Estas tecnologías conducen a la automatización industrial a otra transición, de alcances aún desconocidos.

Aunque el crecimiento del mercado de la industria Robótica ha sido lento en comparación con los primeros años de la década de los 80's, de acuerdo a algunas predicciones, la industria de la robótica está en su infancia. Ya sea que éstas predicciones se realicen completamente, o no, es claro que la industria robótica, en una forma o en otra, permanecerá.

En la actualidad el uso de los robots industriales está concentrado en operaciones muy simples, como tareas repetitivas que no requieren tanta precisión, refleja el hecho de que en los 80's las tareas relativamente simples como las máquinas de inspección, transferencia de materiales, pintado automatizado, y soldadura son económicamente viables para ser

robotizadas. Los análisis de mercado en cuanto a fabricación predicen que en ésta década y en las posteriores los robots industriales incrementaran su campo de aplicación, esto debido a los avances tecnológicos en sensorica, los cuales permitirán tareas más sofisticadas como el ensamble de materiales.

Como se ha observado la automatización y la robótica son dos tecnologías estrechamente relacionadas. En un contexto industrial se puede definir la automatización como una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos-eléctricos basados en computadoras para la operación y control de la producción. En consecuencia la robótica es una forma de automatización industrial.

Hay tres clases muy amplias de automatización industrial: automatización fija, automatización programable y automatización flexible.

La automatización fija se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas.

Además de esto, otro inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado.

La automatización programable se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a la variaciones de configuración del producto; ésta adaptación se realiza por medio de un programa (Software).

La automatización flexible, por su parte, es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada.

Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre si por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora.

De los tres tipos de automatización, la robótica coincide más estrechamente con la automatización programable.

En tiempos más recientes, el control numérico y la telequerica son dos tecnologías importantes en el desarrollo de la robótica. El control numérico (NC) se desarrolló para máquinas herramienta a finales de los años 40 y principios de los 50's. Como su nombre lo indica, el control numérico implica el control de acciones de una máquina-herramienta por medio de números. Está basado en el trabajo original de Jhon Parsons, que concibió el empleo de tarjetas perforadas, que contienen datos de posiciones, para controlar los ejes de una máquina-herramienta.

El campo de la telequerica abarca la utilización de un manipulador remoto controlado por un ser humano.

A veces denominado teleoperador, el operador remoto es un dispositivo mecánico que traduce los movimientos del operador humano en movimientos correspondientes en una posición remota. A Goertz se le acredita el desarrollo de la telequerica. En 1948 construyó un mecanismo manipulador bilateral maestro-esclavo en el ArgonneNationalLaboratory.

El empleo más frecuente de los teleoperadores se encuentra en la manipulación de sustancias radiactivas o peligrosas para el ser humano.

La combinación del control numérico y la telequerica es la base que constituye al robot modelo. Hay dos individuos que merecen el reconocimiento de la confluencia de éstas dos tecnologías y el personal que podía ofrecer en las aplicaciones industriales. El primero fue un inventor británico llamado Cyril Walter Kenward, que solicitó una patente británica para un dispositivo robótico en marzo de 1954. (El esquema se muestra abajo).

La segunda persona citada es George C. Devol, inventor americano, al que deben atribuirse dos invenciones que llevaron al desarrollo de los robots hasta nuestros días. La primera invención consistía en un dispositivo para grabar magnéticamente señales eléctricas y reproducirlas para controlar un máquina. La segunda invención se denominaba Transferencia de Artículos Programada.

Un robot industrial es una máquina programable de uso general que tiene algunas características antropomórficas humanoides". Las características humanoides más típicas de los robots actuales es la de sus brazos móviles, los que se desplazarán por medio de secuencias de movimientos que son programados para la ejecución de tareas de utilidad.

La definición oficial de un robot industrial se proporciona por la Robotics Industries Association (RIA), anteriormente el Robotics Institute of América.

"Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable diseñado para desplazar materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales, mediante movimientos variables programados para la ejecución de una diversidad de tareas".

Se espera en un futuro no muy lejano que la tecnología en robótica se desplace en una dirección que sea capaz de proporcionar a éstas máquinas capacidades más similares a las humanas.

2.1.4 CLASIFICACION DE LOS ROBOTS

La potencia del software en el controlador determina la utilidad y flexibilidad del robot dentro de las limitantes del diseño mecánico y la capacidad de los sensores. Los robots han sido clasificados de acuerdo a su generación, a su nivel de inteligencia, a su nivel de control, y a su nivel de lenguaje de programación.

Estas clasificaciones reflejan la potencia del software en el controlador, en particular, la sofisticada interacción de los sensores. **La generación de un robot** se determina por el orden histórico de desarrollos en la robótica. Cinco generaciones son normalmente asignadas a los robots industriales. La tercera generación es utilizada en la industria, la cuarta se desarrolla en los laboratorios de investigación, y la quinta generación es un gran sueño.

2.1.4.1.- Robots Play-back, los cuales regeneran una secuencia de instrucciones grabadas, como un robot utilizado en recubrimiento por spray o soldadura por arco. Estos robots comúnmente tienen un control de lazo abierto.

2.1.4.2.- Robots controlados por sensores, estos tienen un control en lazo cerrado de movimientos manipulados, y hacen decisiones basados en datos obtenidos por sensores que pueden ser de movimiento de luz de tacto de humedad.

2.1.4.3.- Robots controlados por visión, donde los robots pueden manipular un objeto al utilizar información desde un sistema de visión.

2.1.4.4.- Robots controlados adaptablemente, donde los robots pueden automáticamente reprogramar sus acciones sobre la base de los datos obtenidos por los sensores.

2.1.4.5.- Robots con inteligencia artificial, donde los robots utilizan las técnicas de inteligencia artificial para hacer sus propias decisiones y resolver problemas.

2.1.4.6.- Dispositivos de manejo manual, controlados por una persona, el control puede ser mediante líneas de transmisión de datos o inalámbrica.

2.1.4.7.- Robots de secuencia variable, donde un operador puede modificar la secuencia fácilmente.

2.1.4.8.- Robots regeneradores, donde el operador humano conduce el robot a través de la tarea.

2.1.4.9.- Robots de control numérico, donde el operador alimenta la programación del movimiento, hasta que se enseñe manualmente la tarea.

2.1.4.10.- Robots inteligentes, los cuales pueden entender e interactuar con cambios en el medio ambiente.

2.1.5 APLICACIONES

Los robots son utilizados en una diversidad de aplicaciones, desde robots tortugas en los salones de clases, robots soldadores en la industria automotriz, hasta brazos teleoperados en el transbordador espacial.

Cada robot lleva consigo su problemática propia y sus soluciones afines; no obstante que mucha gente considera que la automatización de procesos a través de robots está en sus inicios, es un hecho innegable que la introducción de la tecnología robótica en la industria, ya ha causado un gran impacto. En este sentido la industria Automotriz desempeña un papel preponderante.

Es necesario hacer mención de los problemas de tipo social, económicos e incluso político, que puede generar una mala orientación de robotización de la industria. Se hace indispensable que la planificación de los recursos humanos, tecnológicos y financieros se realice de una manera inteligente.

Por el contrario la Robótica contribuirá en gran medida al incremento del empleo. ¿Pero, como se puede hacer esto? al automatizar los procesos en máquinas más flexibles, reduce el costo de maquinaria, y se produce una variedad de productos sin necesidad de realizar cambios importantes en la forma de fabricación de los mismo. Esto originara una gran cantidad de empresas familiares (Micro y pequeñas empresas) lo que provoca la descentralización de la industria.

Los robots son utilizados en una diversidad de aplicaciones, desde robots tortugas en los salones de clases, robots soldadores en la industria automotriz, hasta brazos teleoperados en el transbordador espacial.

2.1.5.1. Industria

Observando la figura II.2, los robots son utilizados por una diversidad de procesos industriales como lo son: la soldadura de punto y soldadura de arco, pinturas de spray, transportación de materiales, molienda de materiales, moldeado en la industria plástica, máquinas-herramientas, y otras más.

A continuación se hará una breve explicación de algunas de ellas.

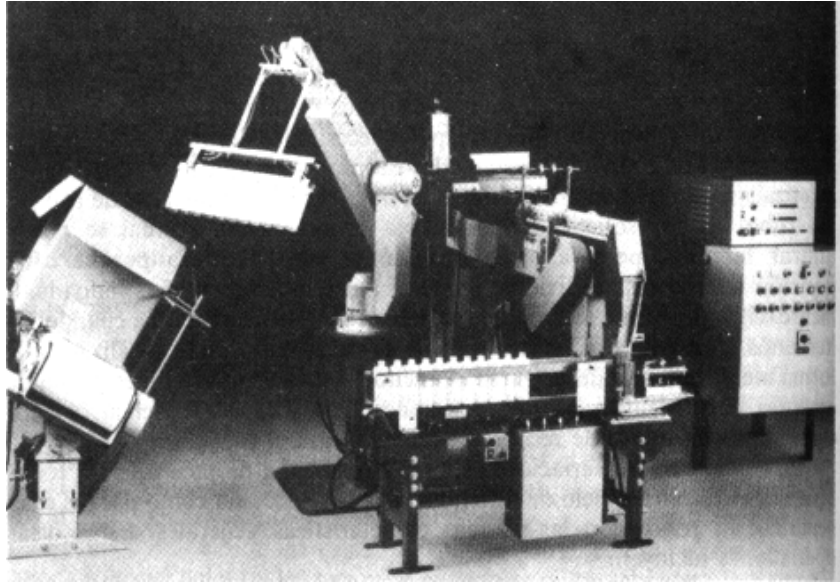


Figura II.2: Robot en la industrial

2.1.5.2. Aplicación de transferencia de material

Las aplicaciones de transferencia de material se definen como operaciones en las cuales el objetivo primario es mover una pieza de una posición a otra. Se suelen considerar entre las operaciones más sencillas o directas de realizar por los robots. Las aplicaciones normalmente necesitan un robot poco sofisticado, y los requisitos de enclavamiento con otros equipos son típicamente simples.

2.1.5.3. Carga y descarga de maquinas.

Estas aplicaciones son de manejo de material en las que el robot se utiliza para servir a una máquina de producción transfiriendo piezas a/o desde las máquinas. Existen tres casos que caen dentro de ésta categoría de aplicación:

Carga/Descarga de Máquinas.- El robot carga una pieza de trabajo en bruto en el proceso y descarga una pieza acabada. Una operación de mecanizado es un ejemplo de este caso.

Carga de máquinas.- El robot debe de cargar la pieza de trabajo en bruto a los materiales en las máquinas, pero la pieza se extrae mediante algún otro medio. En una operación de

prensado, el robot se puede programar para cargar láminas de metal en la prensa, pero las piezas acabadas se permite que caigan fuera de la prensa por gravedad.

Descarga de máquinas.- La máquina produce piezas acabadas a partir de materiales en bruto que se cargan directamente en la máquina sin la ayuda de robots. El robot descarga la pieza de la máquina. Ejemplos de ésta categoría incluyen aplicaciones de fundición de troquel y moldeado plástico.

La aplicación se tipifica mejor mediante una célula de trabajo con el robot en el centro que consta de la máquina de producción, el robot y alguna forma de entrega de piezas.

2.1.5.4. Operaciones de procesamiento

Además de las aplicaciones de manejo de piezas, como podemos observar en la figura II.3, existe una gran clase de aplicaciones en las cuales el robot realmente efectúa trabajos sobre piezas. Este trabajo casi siempre necesita que el efector final del robot sea una herramienta en lugar de una pinza.

Por tanto la utilización de una herramienta para efectuar el trabajo es una característica distinta de este grupo de aplicaciones. El tipo de herramienta depende de la operación de procesamiento que se realiza.

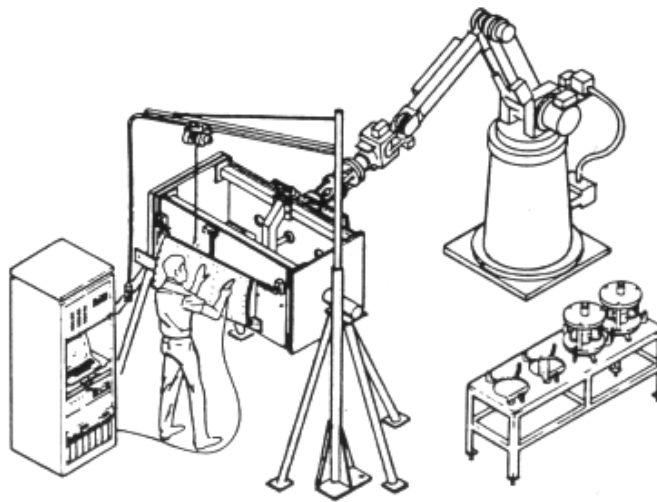


Figura II.3: Manejo de piezas

2.1.5.5.-Soldadura por arco continua

La soldadura por arco es un proceso de soldadura continua en oposición a la soldadura por punto que podría llamarse un proceso discontinuo. La soldadura de arco continua se utiliza para obtener uniones largas o grandes uniones soldadas en las cuales, a menudo, se necesita una cierre hermético entre las dos piezas de metal que se van a unir. El proceso utiliza un electrodo en forma de barra o alambre de metal para suministrar la alta corriente eléctrica de 100 a 300 amperes.

2.1.5.6.-Recubrimiento con spray

La mayoría de los productos fabricados de materiales metálicos requieren de alguna forma de acabado de pintura antes de la entrega al cliente. La tecnología para aplicar estos acabados varía en la complejidad desde métodos manuales simples a técnicas automáticas altamente sofisticadas. Se dividen los métodos de recubrimiento industrial en dos categorías:

- 1.- Métodos de recubrimiento de flujo e inmersión.
- 2.- Métodos de recubrimiento al spray.

Los métodos de recubrimiento mediante flujo de inmersión se suelen considerar que son métodos de aplicar pintura al producto de baja tecnología. La inmersión simplemente requiere sumergir la pieza o producto en un tanque de pintura líquida.

2.1.5.7 Otras Operaciones de proceso

Además de la soldadura por punto, la soldadura por arco, y el recubrimiento al spray existe una serie de otras aplicaciones de robots que utilizan alguna forma de herramienta especializada como efector final, como se muestra en la figura II.4.

Operaciones que están en ésta categoría incluyen:

- Taladro, acanalado, y otras aplicaciones de mecanizado.
- Rectificado, pulido, desbarbado, cepillado y operaciones similares.
- Remachado, Corte por chorro de agua.

- Taladro y corte por láser.

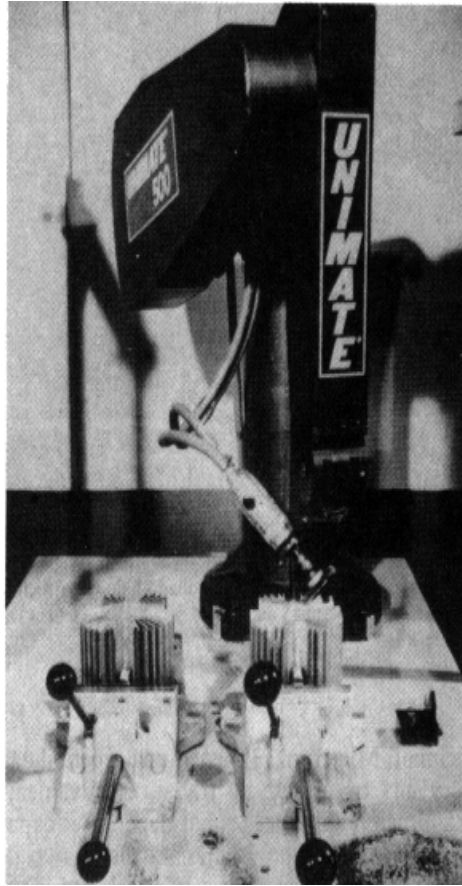


Figura II.4: Máquina soldadora

2.1.5.8. Laboratorios

Los robots están encontrando un gran número de aplicaciones en los laboratorios. Llevan a cabo con efectividad tareas repetitivas como la colocación de tubos de pruebas dentro de los instrumentos de medición. En ésta etapa de su desarrollo los robots son utilizados para realizar procedimientos manuales automatizados, ver figura II.5. Un típico sistema de preparación de muestras consiste de un robot y una estación de laboratorio, la cual contiene balanzas, dispensarios, centrifugados, racks de tubos de pruebas, etc.

Las muestras son movidas desde la estación de laboratorios por el robot bajo el control de procedimientos de un programa.

Los fabricantes de estos sistemas mencionan tener tres ventajas sobre la operación manual: incrementan la productividad, mejoran el control de calidad y reducen la exposición del ser humano a sustancias químicas nocivas.

Las aplicaciones subsecuentes incluyen la medición del pH, viscosidad, y el porcentaje de sólidos en polímeros, preparación de plasma humano para muestras para ser examinadas, calor, flujo, peso y disolución de muestras para presentaciones espectrométricas.

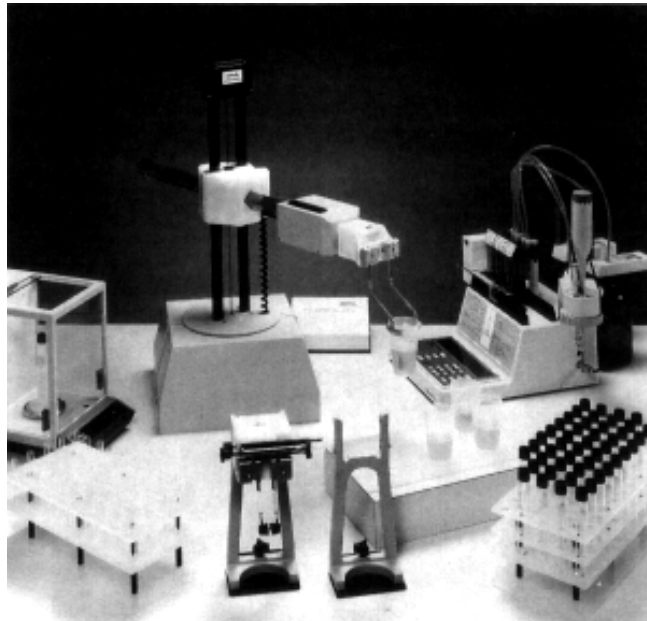


Figura II.5: Colocación de tubos de pruebas químicas

2.1.6 VEHÍCULOS SUBMARINOS

Dos eventos durante el verano de 1985 provocaron el incremento por el interés de los vehículos submarinos. En el primero - Un avión de la Air Indian se estrelló en el Océano Atlántico cerca de las costas de Irlanda - un vehículo submarino guiado remotamente, normalmente utilizado para el tendido de cable, fue utilizado para encontrar y recobrar la caja negra del avión. El segundo fue el descubrimiento del Titanic en el fondo de un cañón, donde había permanecido después del choque con un iceberg en 1912, cuatro kilómetros

abajo de la superficie. Un vehículo submarino fue utilizado para encontrar, explorar y filmar el hallazgo.

En la actualidad muchos de estos vehículos submarinos se utilizan en la inspección y mantenimiento de tuberías que conducen petróleo, gas o aceite en las plataformas oceánicas; en el tendido e inspección del cableado para comunicaciones, para investigaciones geológicas y geofísicas en el suelo marino, ver figura II.6..

La tendencia hacia el estudio e investigación de este tipo de robots se incrementará a medida que la industria se interese aún más en la utilización de los robots, sobra mencionar los beneficios que se obtendrían si se consigue una tecnología segura para la exploración del suelo marino y la explotación del mismo.



Figura II.6: Robot UMV

2.1.6.1 Robots submarinos no tripulados

Los vehículos submarinos no tripulados son los aplicables porque estos equipos salvaguardan la integridad del ser humano ya que pueden realizar inspecciones en áreas de muy difícil acceso o de condiciones precarias para el hombre sean estos por temperatura, distancia , tiempo de exploración o trabajo a realizar, estas son algunas de las características por las cuales se utiliza estos robots, su comunicación por cuestiones de distancia y profundidad son realizadas mediante cable de datos pero en algunos casos se pueden

programar tareas para que el autómata los desempeñe sin supervisión como recolección de datos, evidentemente estos aparatos poseen varios sensores los cuales interactúan con el medio a desenvolverse. Ver figura II.7.



Figura II.7: Robot submarino de exploración

2.2 TRANSMISIÓN POR RADIOFRECUENCIA

2.2.1 INTRODUCCIÓN

La comunicación ha sido un factor muy importante para el desarrollo humano, este es el caso de los Sistemas de Información. La comunicación entre computadoras es un aspecto vital en nuestra época, ya que se ha convertido en una herramienta esencial en lo que hacer del hombre, ya sea para la simple charla entre usuarios, pasando por el envío de archivos, hasta el manejo remoto de Sistemas. A medida que pasa el tiempo se buscan nuevas formas de comunicación entre computadoras que resulten más veloces y menos susceptibles a fallos. En general la comunicación entre dispositivos electrónicos está avanzando a grandes pasos, es tan grande el paso que se ha dado que ahora existe la comunicación inalámbrica (conexión sin cables), la radiofrecuencia se divide en la siguiente Tabla II.1.

Nombre	Abreviatura inglesa	Banda ITU	Frecuencias	Longitud de onda
Extra baja frecuencia Extremely low frequency	ELF	1	< 3 Hz 3-30 Hz	> 100.000 km 100.000-10.000 km
Super baja frecuencia Super low frequency	SLF	2	30-300 Hz	10.000-1.000 km
Ultra baja frecuencia Ultra low frequency	ULF	3	300-3.000 Hz	1.000-100 km
Muy baja frecuencia Very low frequency	VLF	4	3-30 kHz	100-10 km
Baja frecuencia Low frequency	LF	5	30-300 kHz	10-1 km
Media frecuencia Medium frequency	MF	6	300-3.000 kHz	1 km - 100 m
Alta frecuencia High frequency	HF	7	3-30 MHz	100-10 m
Muy alta frecuencia Very high frequency	VHF	8	30-300 MHz	10-1 m
Ultra alta frecuencia Ultra high frequency	UHF	9	300-3.000 MHz	1 m - 100 mm
Super alta frecuencia Super high frequency	SHF	10	3-30 GHz	100-10 mm
Extra alta frecuencia Extremely high frequency	EHF	11	30-300 GHz	10-1 mm
			> 300 GHz	< 1 mm

Tabla II.I: División de las bandas del espectro de radiofrecuencia

2.2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PROPAGACIÓN DE RF

Las ondas de radio son ondas electromagnéticas que poseen una componente eléctrica y una componente magnética y como tales, están expuestas a ciertos fenómenos los cuales son capaces de modificar el patrón de propagación de las ondas.

En condiciones especiales y con una atmósfera uniforme, las ondas de radio tienden a desplazarse en línea recta, esto quiere decir que siempre que haya una línea de vista entre el emisor y el receptor, este tipo de comunicación será bastante eficiente, pero sin horizonte, tendremos que tomar en cuenta las distintas condiciones de propagación y las adecuadas frecuencias para su correcta comunicación. Para realizar comunicaciones seguras entre dos puntos lejanos y sin salir de la atmósfera, se utilizan frecuencias denominadas altas frecuencias (High frequency) ó HF que van de 3 Mhz a los 30 Mhz, ya que estas frecuencias son reflejadas en la atmósfera y regresan a la tierra a grandes distancias si no se toman ciertos fenómenos en cuenta como lo son la refracción.

Las frecuencias en orden de VHF, UHF Y SHF no se reflejan en la atmósfera salvo en ciertas circunstancias, es por esto que solo son útiles en Comunicaciones de punto a punto y satelitales.

No se podría hablar de comunicación por medio de ondas de radio a grandes reflexión, dispersión y difracción los cuales hacen posible la comunicación entre dos puntos más allá del horizonte.

2.2.2.1 Refracción

Las ondas de radio están expuestas a sufrir una desviación en su trayectoria cuando atraviesan de un medio a otro con densidad distinta, en comunicaciones este efecto sucede cuando las ondas electromagnéticas atraviesan las distintas capas de la atmósfera variando su trayectoria en un cierto ángulo. La desviación de la trayectoria es proporcional al índice de refractividad el cual está dado por:

n = Índice de refractividad.

v_p = Velocidad de propagación en el espacio libre.

v_m = Velocidad de propagación en el medio.

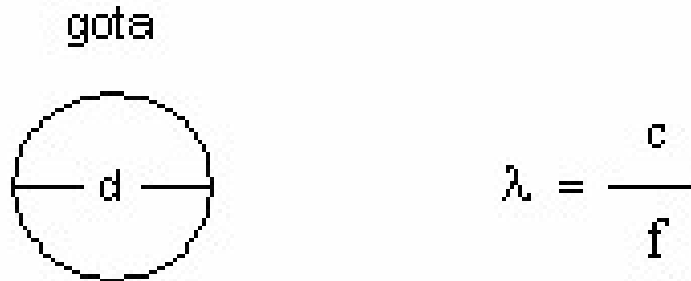
2.2.2.2 Reflexión

Las ondas de radio atraviesan las diversas capas de la atmósfera, desde la tropósfera hasta la ionósfera y si los índices de refractividad de cada una de estas capas son muy diferentes. Estos distintos índices pueden llegar a producir reflexión total, siendo las frecuencias de VHF y superiores las más propensas a esta desviación de trayectoria.

2.2.2.3 Dispersión

El efecto de la dispersión ocurre cuando las ondas de radio atraviesan alguna masa de electrones o pequeñas gotas de agua en áreas suficientemente grandes. En comunicaciones de radio es importante mencionar que la dispersión de la señal generada por lluvia depende de la comparación del tamaño de la longitud de onda de la señal y el diámetro de la gota de lluvia. Si el diámetro d de la gota de lluvia es menor a la longitud de onda, la atenuación será pequeña, pero ésta se acrecentará si el diámetro de la gota supera a la longitud de onda.

de la señal. La figura II.8 muestra la relación entre la longitud de onda y el diámetro de la gota de lluvia. Generalmente la refracción se produce solamente a determinados ángulos. Este efecto es similar al que le ocurre a la luz intentando atravesar la niebla.



c = Velocidad de la luz

f = Frecuencia

λ = Longitud de onda

Figura II.8: Relación entre longitud de onda y diámetro

2.2.2.4 Difracción

Se puede entender a la difracción como el esparcimiento de las ondas en los límites de una superficie, esto quiere decir que para que exista la difracción tiene que haber un obstáculo, así es como este fenómeno permite que parte de la señal llegue al otro lado del objeto. Este fenómeno es de gran utilidad para las zonas de sombra de señal que pueden ser producidas por grandes edificios o montañas.

2.2.2.5 Comunicaciones inalámbricas

Como ya se dijo antes gracias a los fenómenos de reflexión, refracción, difracción y dispersión, se pueden realizar las comunicaciones inalámbricas a grandes distancias. A continuación se mostrarán las distintas formas de comunicación que existen gracias a estos fenómenos.

2.2.2.6 Propagación por onda directa

Para realizar este tipo de propagación es necesario que exista una línea de vista entre el transmisor y el receptor. En este tipo de comunicación se utilizan frecuencias por encima de los 50 Mhz. Esto se debe a que las frecuencias altas se ven menos afectadas por los fenómenos atmosféricos, además de que no requiere de antenas grandes para tener una transmisión efectiva de gran directividad, lo que provoca la confiabilidad de que la información llegue a otro lado del transmisor, este tipo de propagación se utiliza para la televisión y la radio FM. La figura II.9 muestra la propagación por onda directa.

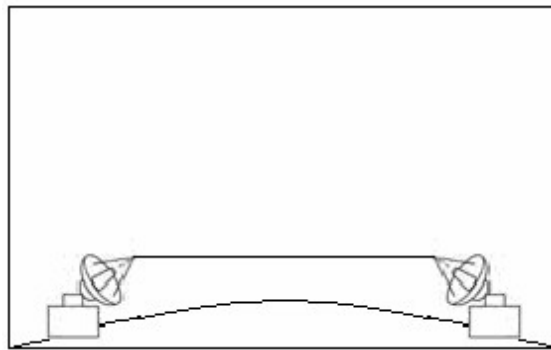


Figura II.9: Propagación onda directa

2.2.2.7 Propagación por onda terrestre

Este tipo de propagación es posible gracias a la difracción. Las ondas de radio siguen la curvatura de la tierra por la cual la señal de RF es capaz de alcanzar grandes distancias antes de que la señal sea absorbida por la tierra. Gracias al efecto de la difracción la señal puede sortear edificios y montañas. La figura II.10 muestra el efecto que tiene la difracción sobre las señales de RF.

La propagación por onda terrestre solo es útil para frecuencias inferiores a los Mega Hertz, siendo ésta una de las mejores formas de transmitir una señal de RF de baja frecuencia a largas distancias. Este tipo de propagación es comúnmente usada por las radiodifusoras de media onda y de onda larga.

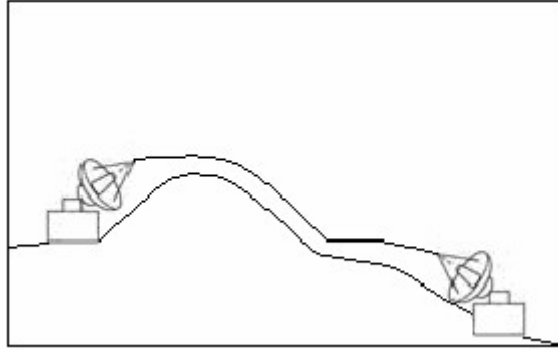


Figura II.10: Propagación de RF sobre la superficie de la tierra.

2.2.2.8 Propagación por onda refractada o ionosférica.

Ésta es una de los tipos de propagación más importantes. Aquí influirá la atmósfera como reflector y esto a su vez ocurre en la ionósfera. La ionósfera es una capa de la atmósfera que se encuentra entre los 40 Km. y 320 Km. y está formada por aire altamente ionizado por la radiación solar.

Cuando esta capa se encuentra eléctricamente cargada hace que la señal comience a cambiar en un cierto ángulo, esto lo hace sucesivamente hasta que se realiza una reflexión total y la señal regresa a tierra.

La figura II.11 muestra como la señal se refracta en la ionósfera para hacerla llegar al receptor.

Este tipo de propagación puede ser capaz de conectar dos puntos, los cuales no tienen línea de vista y se puede transmitir a una distancia de hasta 4000 Km. Si las condiciones de la atmósfera fueran adecuadas se podría conectar un punto a cualquier otro lado del planeta, esto es porque la señal refractada de la ionósfera también puede ser reflejada por la tierra y así sucesivamente.

Es importante mencionar que la propagación ionosférica está determinada por la frecuencia utilizada y por el nivel de ionización de la atmósfera. Si se tiene una frecuencia grande la refracción sufrida por la misma ionósfera será menor. Se cuenta con una frecuencia establecida a utilizar a distintas horas del día para poder realizar la comunicación ionosférica, esto se conoce como Frecuencia Útil Máxima, FUM. Esto es útil para las

comunicaciones satelitales, ya que si se utiliza una frecuencia mayor a la FUM, no se reflejará en la atmósfera y se dispersará al espacio.

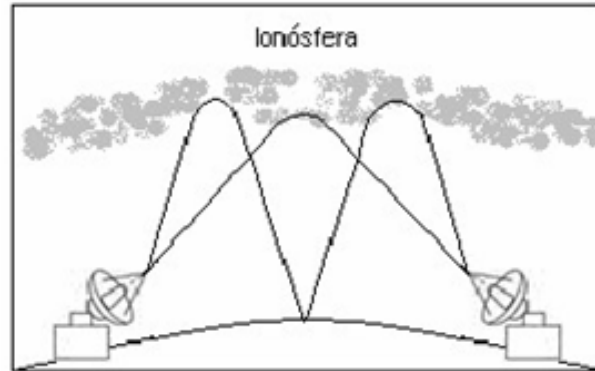


Figura II.11: Señal refractada en la ionósfera

2.2.2.9 Propagación por difracción ionosférica.

Este tipo de propagación se produce cuando las ondas emitidas son superiores a los 30 Mhz, debido a su frecuencia la señal no será reflejada por la ionósfera, pero sí será difractada, por lo que una pequeña parte de la señal llegará a tierra y solo podrá ser captada por un receptor especialmente sensible. Es por esto que este tipo de transmisión utiliza muy poco debido a su baja eficiencia. La figura II.12 muestra el efecto de la difracción de una señal por la ionósfera.

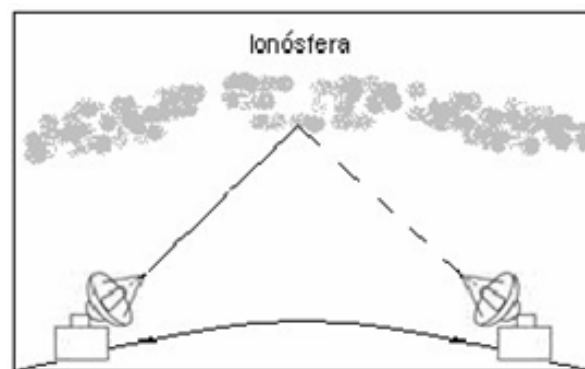


Figura II.12: Difracción de una señal por la ionósfera

2.2.2.10 Propagación por difracción meteórica.

Para este caso ocurre el mismo efecto de propagación que con el fenómeno de difracción ionosférica, pero aquí la ionósfera se alimenta por el frotamiento de los meteoritos que vienen a gran velocidad del espacio exterior. Este tipo de transmisión se utiliza para comunicaciones a corta distancia y solo funciona a horas y condiciones precisas. La figura II.13 muestra el efecto que tienen los meteoros en la ionósfera para que pueda existir la difracción de la señal.

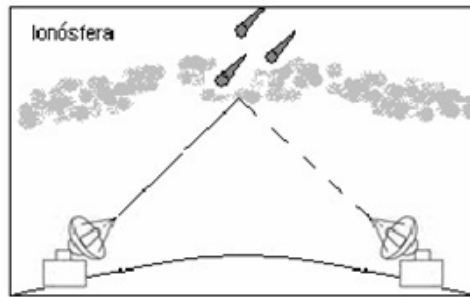


Figura II.13: Meteoros en la ionósfera

2.2.2.11 Propagación troposférica

La capa troposférica se encuentra entre los 11 Km. y los 16 Km. En esta capa se forman las nubes y la temperatura desciende rápidamente debido a la altura. Cuando se produce la inversión del gradiente de temperatura, se generan los denominados canales de ionización, los cuales son ideales para que las ondas de radio puedan viajar, este tipo de propagación es útil para frecuencias de VHF y UHF. La figura II.14 muestra el efecto que tiene la capa troposférica en las señales de RF a altas frecuencias.

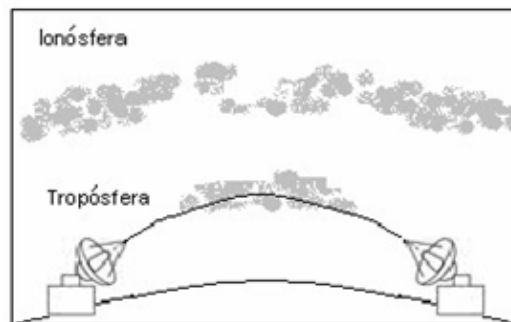


Figura II.14: Señales de RF a altas frecuencias

2.2.2.12 Propagación de RF para comunicaciones satelitales.

Las frecuencias utilizadas en los sistemas satelitales se encuentran en el orden de 1GHz a 30GHz, la razón de utilizar este rango de frecuencias es para que las señales emitidas sean capaces de cruzar la atmósfera hacia el satélite y de regreso a la Tierra.

Este tipo de enlaces no requieren de una línea de vista entre la estación transmisora y la estación receptora, para poderse comunicar una estación con otra es necesario crear el enlace por medio de un satélite, de modo que el receptor sea capaz de recibir la señal del emisor. Existen muchos fenómenos que alteran fácilmente las ondas de RF en los sistemas satelitales, es por esto que para realizar comunicaciones, ya sean satélite-tierra o tierra-satélite, las señales tienen que sortear todos los fenómenos antes mencionados generados por la Tierra y la atmósfera en la propagación de señales de RF.

2.2.3 Tipos de modulación

Se denomina modulación, a la operación mediante la cual ciertas características de una onda denominada portadora, se modifican en función de otra denominada moduladora, que contiene información, para que esta última pueda ser transmitida.

La onda en condiciones de ser transmitida. Se denomina señal modulada.

La figura II.15 muestra el proceso genérico de la modulación.

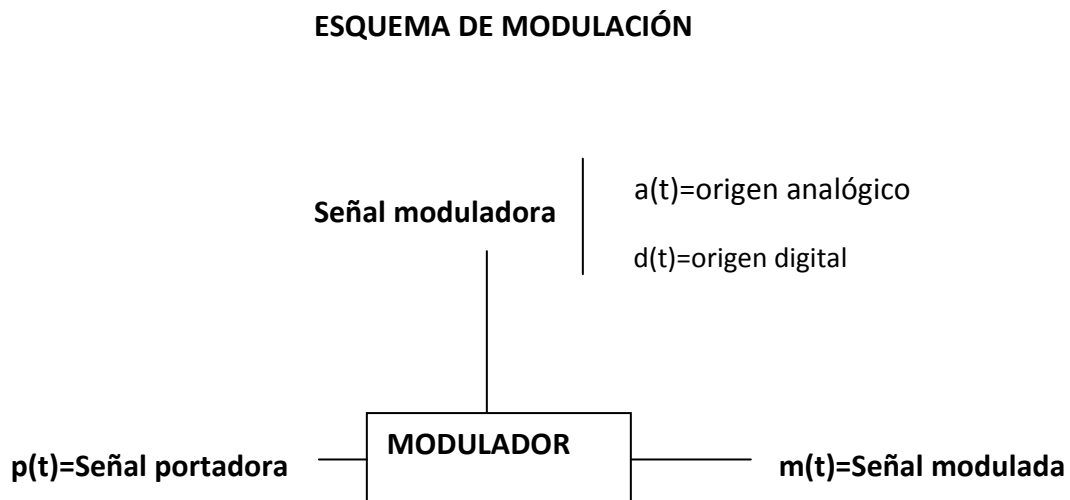


Figura II.15: Esquema de modulación

El proceso inverso, que consiste en separar de la señal modulada, la onda que contiene solamente la información, se llama demodulación.

La modificación debe hacerse de tal forma, que la información no se altere en ninguna parte del proceso.

Según la portadora sea una señal del tipo analógico o del tipo digital, las diferentes formas de modulación pueden clasificarse en dos grandes grupos:

Modulación por onda continua

Modulación por pulsos

La causa por la cual casi siempre un proceso de modulación, es que todas las señales que contienen información, deben ser transmitidas a través de un medio físico (cable multipar, fibra óptica, el espectro electromagnético, etc.) que une al transmisor con el receptor.

A excepción de que dicha transmisión sea efectuada en la modalidad de banda base (en cuyo caso no es necesario el proceso de modulación), para llevarla a cabo, es necesario, en la mayoría de los casos, que la información sea modificada o procesada de alguna manera antes de ser transmitida por el medio físico elegido.

Es decir, debe existir una adaptación entre la señal moduladora a ser transmitida con la información y el canal.

A su vez la señal moduladora puede tener características analógicas o digitales.

2.2.3.1 MODULACION POR ONDA CONTINUA

Se denomina modulación por onda continua al proceso por el cual una onda denominada portadora, cuya forma de onda es sinusoidal, modifica su amplitud, frecuencia o fase, en función de la señal moduladora, la cual contiene la información a transmitir.

Modulación por amplitud

Modulación por frecuencia

Modulación por fase

2.2.3.1.1 Modulación de amplitud

Se denomina modulación en amplitud, a aquella en que el parámetro de la señal de la portadora que se va a variar, es la amplitud.

Cuando la señal moduladora es de origen digital, la modulación de la portadora está representada por corrientes de amplitudes distintas y se denomina modulación por desplazamiento de amplitud (ASK).

2.2.3.1.2 Modulación de frecuencia

Se denomina modulación (Desplazamiento por frecuencia), a aquella en que el parámetro de la señal senoidal de la portadora que se hace variar, es la frecuencia.

Cuando la señal moduladora es de origen digital, la señal modulada tomará un número discreto de valores de la frecuencia, iguales al número de valores que correspondan a la señal moduladora.

La figura II.16 en a y b muestra este proceso. Esta es la primera técnica que se implemento en términos prácticos, para modular señales digitales de datos (mediante normas internacionales). En la actualidad si bien no es usada con exclusividad en los sistemas de transmisión de datos, se continúa empleando en radiocomunicaciones (en estaciones de radiodifusión pública).

Existen dos tipos de modulación por desplazamiento de frecuencia:

Modulación de frecuencia en banda angosta

Modulación de frecuencia en banda ancha

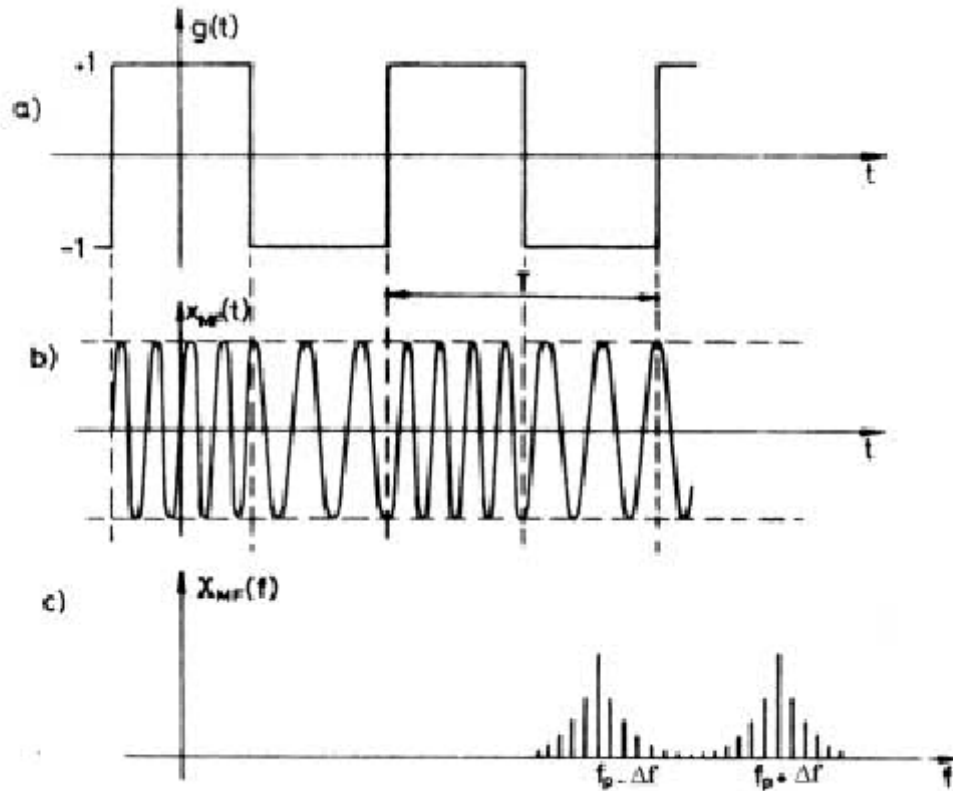


Figura II.16: Modulación en frecuencia

2.2.3.1.3 Modulación de fase

Se denomina modulación de fase, a aquella en que el parámetro de la señal senoidal de la portadora que se va a variar, es la fase. La amplitud de la portadora permanece constante.

Este tipo de modulación, es la más usada para modular señales digitales mediante el uso de modem de datos.

Existen dos alternativas

- PSK convencional (La variación de la fase se refiere a la fase de la portadora sin modular)
- PSK diferencial (Las variaciones de la fase se refieren a la fase de la portadora del estrado inmediatamente anterior al considerado).

Fundamentos teóricos del proceso de modulación de Fase

En la figura II.17 se puede observar las discontinuidades de fase que parecen al comienzo y al final de cada intervalo T , cuando hay transición de 0 a 1 o de 1 a 0 producida por una señal modulante digital

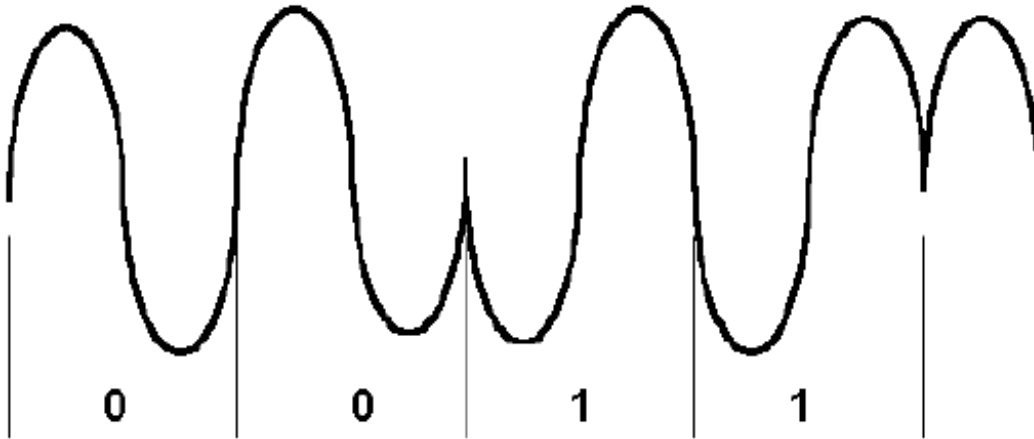


Figura II.17: Modulación PSK

2.2.4 Transmisión bajo el agua

Uno podría preguntarse por qué un aficionado entusiasta de la radio podría estar interesado en comunicación bajo el agua. Bueno, él podría estar interesado en el buceo y el deseo de establecer un vínculo de comunicación con la superficie, o tal vez él podría estar interesado en los barcos controlados de radio y desea probar suerte en la submarinos modelo! Por otra parte, él podría estar interesado en otro ámbito de la experimentación, porque aquí es un campo relativamente al margen de la Fraternidad de aficionados, con la participación de transmisión diferentes técnicas, diferentes diseños de antena y equipos diversos problemas ambientales.

El alcance de este artículo se refiere a las características de transmisión de ondas de radio bajo el agua y el grado en que los radioaficionados pudieran hacer uso de estas características.

El artículo incluye el examen de las opciones de transmisión de lo que fue el más bajo de frecuencia de radio aficionado (1.8MHz) cuando el artículo fue publicado por primera vez. Por supuesto, algunos países cuentan ahora con una banda amateur LF y la atenuación menor en FL ahora abre otras posibilidades.

2.2.4.1 Conductividad del agua

El agua en su forma pura es un aislante, pero como se encuentra en su estado natural, contiene sales disueltas y la materia de otro tipo que hace que sea un conductor parcial. Cuanto mayor sea su conductividad, mayor es la atenuación de las señales de radio que pasan a través de él.

Conductividad \square varía tanto con la salinidad y la temperatura. El agua de mar tiene un alto contenido de sal y de alta conductividad que van desde 2 mhos por metro en la región ártica fría a 8 mhos por metro en la cálida y de alta salinidad del Mar Rojo. La conductividad promedio del mar es normalmente considerado como unos 4 mhos por metro. Lo que esto significa es que un metro cúbico de agua de mar tiene una conductividad de 4 mhos o una resistencia de 0,25 ohmios, (que es recíproco).

Así que llamó de agua dulce tiene una menor conductividad y como una guía para esto, un análisis de las muestras de agua tomadas de Adelaida en 1983 se ha utilizado. Esta muestra fue tomada de un área principalmente suministrada por el embalse de Barossa y el análisis muestra el total de sales disueltas en aproximadamente 300 mg / litro y una conductividad de 0,0546 mhos por metro. ¿Qué tan cerca esta es la media de las aguas en lagos y ríos en Australia no se conoce, pero como es el agua sólo en la mano, se ha utilizado como referencia.

2.2.4.2 Atenuación

La atenuación de las ondas de radio en el agua (y, de hecho, en cualquier medio conductor) aumenta tanto con el aumento en la conductividad y el aumento de la frecuencia. Puede ser calculado a partir de la siguiente fórmula:

La atenuación (α) en dB / m = $0.0173 \sqrt{f\sigma}$ donde f = frecuencia en hertz y σ = conductividad en mhos / metro

La Figura II.18 ilustra la atenuación en función de la frecuencia de agua de mar y agua Adelaida. La atenuación en agua de mar es muy alta y para comunicarse a cualquier profundidad, en absoluto, es necesario el uso de frecuencias muy bajas (10 a 30 kHz), donde la atenuación es del orden de 3,5 a 5 dB por metro. Operación en la banda de frecuencias de aficionados más bajo (1,8 MHz) está fuera de la cuestión en 46 dB por metro.

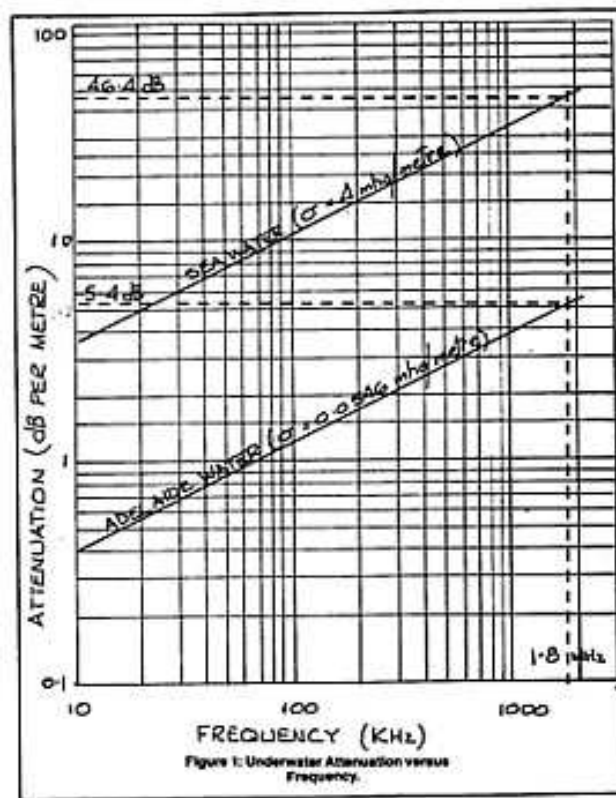


Figura II.18: Bajo el agua frente a la atenuación de frecuencia

El potencial para la operación en el agua dulce es mucho mejor. Uso de la muestra de agua de Adelaida, la atenuación a 10 kHz es sólo el 0,4 dB por metro aumento a 5,4 dB por metro a 1,8 MHz.

2.2.4.3 Refracción o interfaz pérdida en la superficie

Cuando las ondas EM de viaje del aire al agua o agua al aire, se produce una pérdida de refracción debido al cambio en el medio. Esta pérdida se puede calcular de la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida de refracción (dB)} = -20 \log \{ (7.4586/10^6) \times \sqrt{(f/\sigma)} \}$$

En agua de mar, esta pérdida es muy alta y en las proximidades de 60 dB para las frecuencias bajas se utiliza normalmente. Si la comunicación se requiere de la superficie, la pérdida camino bajo el agua se puede reducir mediante la conexión de los equipos de superficie a una antena en la superficie de modo que la pérdida de refracción es eliminada.

La figura II.19 muestra la pérdida de refracción en función de la frecuencia de agua de mar y agua Adelaida. Se puede observar que la pérdida de refracción disminuye con un aumento en la frecuencia y en el caso del agua dulce, esta pérdida se ha reducido a 27 dB a 1.8 MHz, que es muy atractivo desde el punto de vista de radio aficionados.

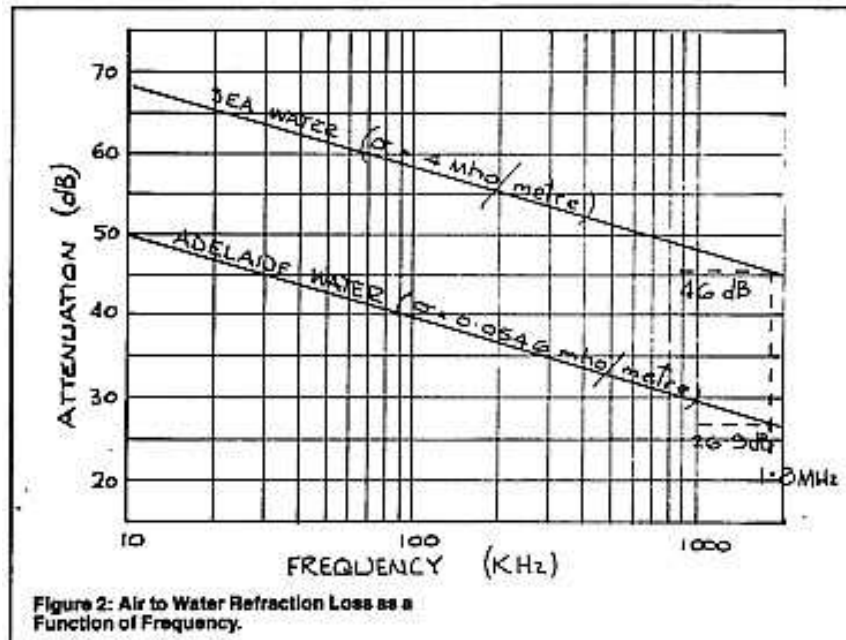


Figura II.19: Aire para la pérdida de refracción del agua en función de la frecuencia

2.2.4.4 Longitud de onda en el agua

La longitud de onda en el agua no es más que una fracción de los que en el espacio y se calcula de la siguiente fórmula:

$$\text{Longitud de onda } (\lambda) \text{ en metros} = 1000 \sqrt{\{10 / (f\sigma)\}}$$

La Figura II.20 parcelas de longitud de onda función de la frecuencia. En agua de mar, longitud de onda a 10 kHz es sólo el 15,8 metros en comparación a 30 km en el espacio. En el agua dulce de la reducción de la longitud de onda no es tan dramática, pero aún bastante considerable. A 1.8 MHz, la longitud de onda es de 10,1 metros en comparación a 167 metros en el espacio. Esta reducción es la longitud de onda da lugar a algunas diferencias considerables en la ingeniería de la antena con un dipolo bajo el agua a 1,8 MHz que sólo unos pocos metros de largo.

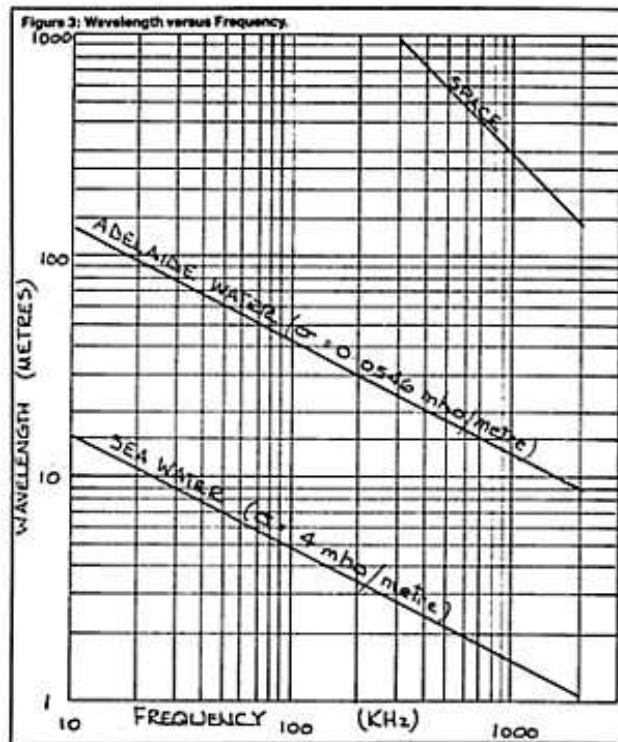


Figura II.20: Longitud de onda de frecuencia versos

2.2.4.5 Opciones de transmisión

Cuanto menor sea la frecuencia, menor es la atenuación en el agua y el mejor el potencial de las comunicaciones. A menos que una banda de frecuencias podría ser aprobado para el uso de aficionados en la región VLF, las opciones para la radio de aficionados se limitan a 1,8 MHz y la comunicación en agua dulce. A unos pocos ejemplos de transmisión de esta solicitud se discutirá y éstos se basarán en los siguientes supuestos:

Una potencia radiada es de 0 dBW (se refiere a un vatio desarrollado en un dipolo de media onda). Todas las otras medidas son en decibelios que se refiere a ese nivel.

2 = receptor ancho de banda de 3 kHz.

3 Mínimo discernibles recibir nivel en la antena receptora = 10 dB por encima del ruido térmico (KTB) es -153 dBW (para ancho de banda de 3 kHz).

4 El ruido atmosférico de 1,8 MHz = 35 dB por encima de KTB (tomado de las cartas publicadas el ruido), es decir -128 dBW para ancho de banda de 3 kHz.

5 atenuación en agua dulce = 5,4 dB / metro (en la Figura 1 a 1,8 MHz).

6 Agua / aire pérdida de refracción = 27 dB (de figura 2)

La Figura II.21 muestra el receptor y el transmisor sumergido por encima de la superficie. El recorrido de la señal está sujeta a la atmósfera 27 dB / pérdida de la interface agua. El ruido atmosférico es atenuada por la ruta de acceso y pérdida de la interfaz y el mínimo nivel de recepción se establece por la sensibilidad del sistema de recepción (no se ve afectada por el ruido atmosférico). La duración máxima de la ruta de transmisión de agua funciona a 23 metros.

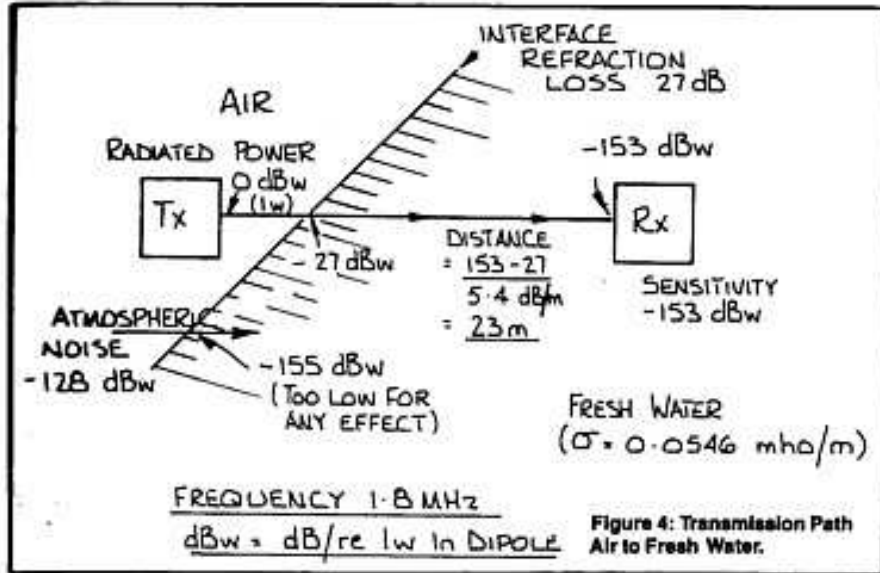


Figura II.21: Transmisión Camino - Aire de agua dulce.

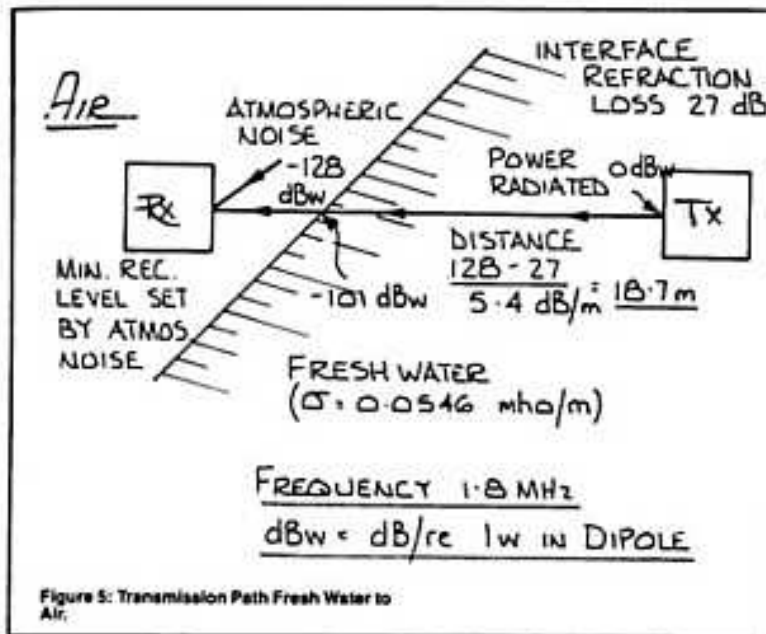


Figura II.22: Camino de transmisión - de agua dulce al aire.

La Figura II.22 invierte la dirección de transmisión para que el transmisor esté sumergida y el receptor está por encima de la superficie. En este caso, el mínimo nivel de recepción es fijado por el ruido atmosférico (muy por encima de la sensibilidad de recepción del

sistema). Debido a esto, la longitud máxima de transmisión vía de agua se reduce a 18,7 metros.

La Figura II.23 sumerge tanto en el transmisor y el receptor, lo que elimina el aire a la interfaz de la pérdida de agua de 27 dB. Esto amplía la duración máxima de la transmisión vía de agua a 28 metros.

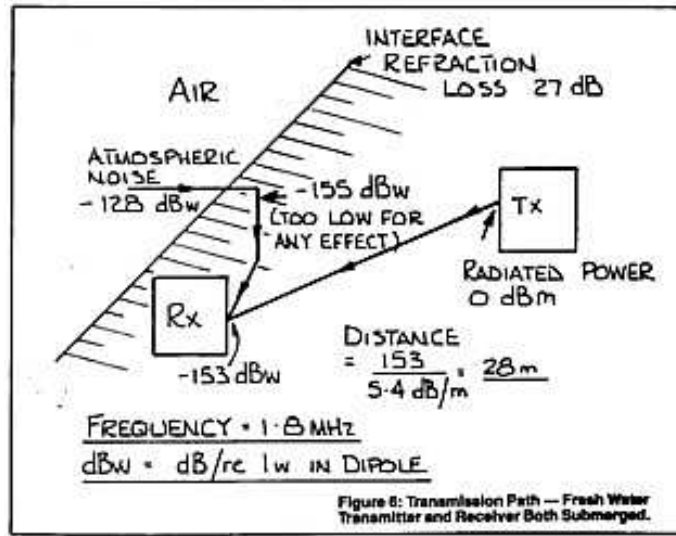


Figura II.23: Ruta de Transmisión - Agua Dulce, tanto el transmisor y el receptor sumergido.

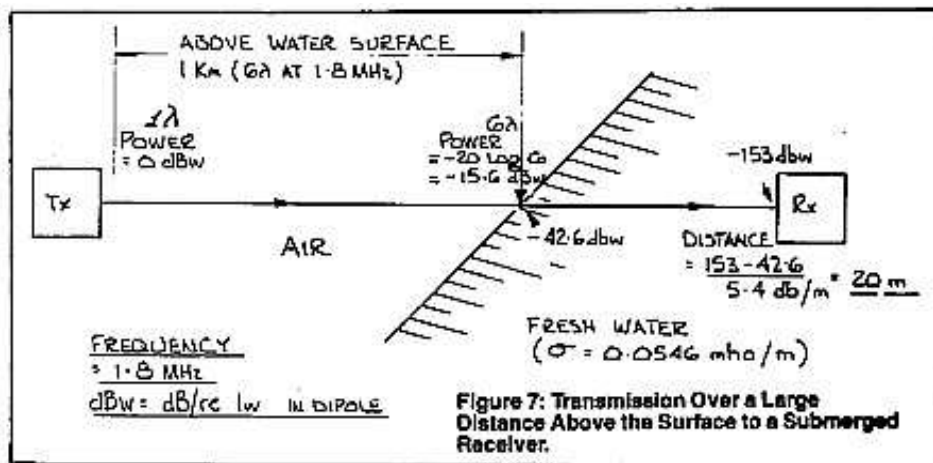


Figura II.24: La transmisión a larga distancia por encima de la superficie de un receptor sumergidos.

Ahora dirigimos nuestra atención a la transmisión en el espacio. Más allá de una longitud de onda de la antena transmisora, la intensidad de campo en el espacio varía inversamente con la distancia, es decir, la señal se atenúa 6 dB cada vez que la distancia se duplica y la atenuación de un punto de una longitud de onda de la antena a una distancia d es igual a $20 \log(d / \lambda)$

Refiriéndonos ahora a la Figura II.24, tenemos un transmisor con una potencia de referencia 0 dBW en una longitud de onda y este punto es de 1000 metros (o seis longitudes de onda) de la superficie del agua. El nivel de potencia en la interface aire/agua es de $-20 \log 6 = -15,6$ dBW y la transmisión por un período de 20 metros bajo el agua todavía es posible.

Teniendo este tipo de transmisión un poco más, ahora examinamos la Figura II.25. Aquí tenemos el transmisor y el receptor por debajo de la superficie del agua, pero de 1000 metros de distancia. Comunicación a través de esta distancia a través de la vía de agua es imposible, pero la señal puede salir del agua cerca del transmisor, los viajes a través de la ruta de acceso del aire y volver a entrar en el agua cerca del receptor. La señal sufre la pérdida de interfaz doble (es decir, 54 dB), pero la atenuación en los 1000 metros se limita a la de la vía aérea. Así que aquí es otra técnica mediante la cual dos estaciones bajo el agua puede comunicarse a través de una distancia bastante grande, limitada fundamentalmente por la profundidad en el agua en la que las estaciones se basan.

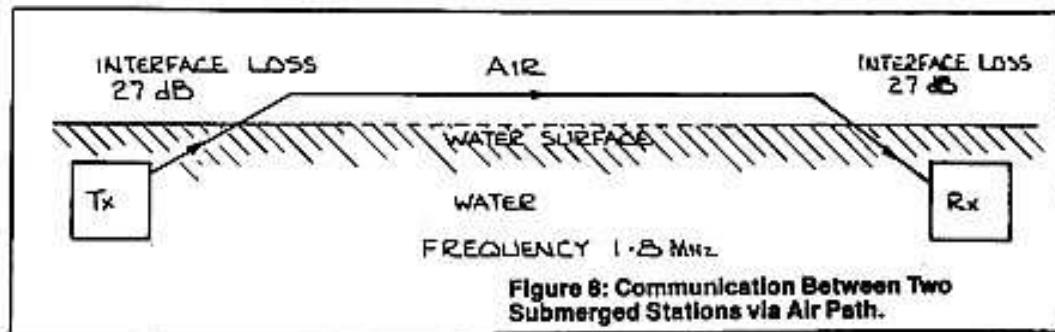


Figura II.25: La comunicación entre dos estaciones sumergidas a través de Camino de aire.

En los ejemplos dados, bajo el agua la distancia real de la transmisión está limitada a entre 18 a 30 metros. Esta distancia puede ser aumentada por el aumento del poder o la disminución de la frecuencia. El aumento de la potencia radiada de 100 vatios le daría 20 dB de ganancia o una distancia bajo el agua adicional de 3.7 metros (no un gran aumento). Si una frecuencia de 100 kHz estaban disponibles, la atenuación sería 1,28 dB / metro y tomar el ejemplo: la distancia que volver a calcular el valor mayor de 120 metros. A esta frecuencia, sin embargo, aumenta la pérdida de la interfaz a 40 dB y en el ejemplo (que incluye la pérdida de interfaz) la distancia sería un menor 88 metros, pero aún mayor que el 1,8 MHz.

Otro punto a considerar, es que el agua Adelaida no es reconocida por su pureza (o disolver) la materia disuelta y es posible que el agua en los lagos y ríos en otras partes podría tener menor conductividad que el de la muestra de Adelaida.

2.2.4.6 Antenas

Diseño de antenas bajo el agua está más allá del alcance de este artículo, pero algunos detalles interesantes pueden ser discutidos. Publicadas referencias indican que las antenas de lazo, los cables largos y dipolos se han utilizado con éxito bajo el agua a bajas frecuencias, sus dimensiones físicas, en términos de una longitud de onda del espacio, siendo mucho menos que sus equivalentes en el espacio. Conductores de la antena se encuentran aislados del agua para evitar la fuga de corriente directa al medio de la conducción, pero aún queda unida la conducción en el medio que hace que la resistencia a la radiación a ser considerablemente más bajo que el de la antena equivalente en el espacio. Una resistencia a la radiación de pocos ohms se puede esperar de un dipolo de media onda.

También está la cuestión de la polarización y la direccionalidad. Según Moore, un dipolo eléctrico sumergido horizontal es equivalente en su campo a una antena vertical más débil en la superficie. La mayor parte de la energía, hacia arriba radiada por la antena, se refracta en la superficie en una polarización vertical, casi horizontal onda, por encima de la superficie. Este fenómeno ayuda a explicar la técnica utilizada en la Figura I.24 para transmitir señales de forma horizontal sobre la superficie del agua y para recibirlos en el proceso inverso.

Moore también señala que la atenuación entre un lado de la antena sumergida y la otra, es tan grande que una contribución importante al campo en cualquier punto se debe principalmente al punto más cercano de la antena. Así, las coordenadas en un diagrama de antena en un medio de llevar a cabo no tienen sentido. Hay, por supuesto, una falta de información fuera de la final de un dipolo y por lo tanto dipolos horizontales son más satisfactorios que los dipolos verticales para la comunicación a través de la superficie.

Antenas utilizadas en el mar han hecho uso del mar como la realización del elemento radiante reales.

La señal es bien junto al mar a través de electrodos de conexión o acoplamiento inductivo de un lazo de aislados. Estas técnicas son, posiblemente, poco práctico para el agua dulce con menor conductividad mucho.

2.2.4.7 Agua de mar

Como se señaló anteriormente, la atenuación de las señales de radio en agua de mar es tan grande que la comunicación más allá de lo justo por debajo de la superficie no es posible a menos que las frecuencias muy bajas (10 a 30 kHz) se utilizan.

Incluso si el permiso puede ser obtenido de uso de frecuencias en esta banda, hay otras dificultades que enfrentan los entusiastas aficionados:

Un aire a la refracción pérdida de agua en esta banda es del orden de 60 a 70 dB.

Dos dimensiones de la antena masivas son necesarias, especialmente para la antena por encima de la superficie. (Incluso a los 30 kHz, una longitud de onda es de 10 km). Transmisor de las grandes potencias suelen ser necesarios para compensar las pérdidas inherentes a la antena de alta frecuencia de la antena de baja acorta.

3 Atmósfera picos de ruido alrededor de 160 dB por encima del ruido térmico (KTB) a 10 kHz, lo que limita al mínimo perceptible recibir nivel.

2.3 Motores

Un motor eléctrico es una máquina que transforma energía eléctrica en energía mecánica.

En diversas circunstancias presenta muchas ventajas respecto a los motores de combustión:

- A igual potencia su tamaño y peso es más reducido.
- Se puede construir de cualquier tamaño.
- Tiene un par de giro prácticamente constante.
- Aprovecha muy bien la energía.
- Algunos tipos pueden operar como generador, convirtiendo energía mecánica en eléctrica.

El motor de corriente continua está compuesto de 2 piezas fundamentales que son:

- Rotor
- Estator

Dentro de éstas se ubican los demás componentes como:

- Escobillas y porta escobillas
- Colector
- Eje
- Núcleo y devanado del rotor
- Imán Permanente
- Armazón
- Tapas o campanas

Tabla de Estructura

La siguiente tabla II.2 muestra la distribución de las piezas del motor:

Rotor	Estator
Eje	Armazón
Núcleo y Devanado	Imán permanente
Colector	Escobillas y portaescobillas
	Tapas

TablaII.II: Distribución de piezas

Rotor

Constituye la parte móvil del motor, proporciona el torque para mover a la carga. Ver figura II.26.

Está formado por:

- **Eje:** Formado por una barra de acero fresada. Imparte la rotación al núcleo, devanado y al colector.
- **Núcleo:** Se localiza sobre el eje. Fabricado con capas laminadas de acero, su función es proporcionar un trayecto magnético entre los polos para que el flujo magnético del devanado circule.

Por estos motivos son ampliamente utilizados en instalaciones industriales y demás aplicaciones que no requieran autonomía respecto de la fuente de energía, dado que la energía eléctrica es difícil de almacenar.

La energía de una batería de varios kilos equivale a la que contienen 80 gramos de gasolina.

Así, en automóviles se están empezando a utilizar en vehículos híbridos para aprovechar las ventajas de ambos.

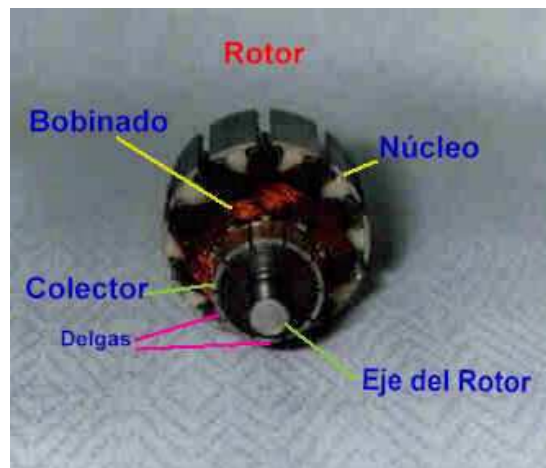


Figura II.26: Rotor del motor

Estator

Constituye la parte fija de la máquina. Su función es suministrar el flujo magnético que será usado por el bobinado del rotor para realizar su movimiento giratorio. Ver figura II.27.

Está formado por:

- **Armazón:** Denominado también yugo, tiene dos funciones primordiales: servir como soporte y proporcionar una trayectoria de retorno al flujo magnético del rotor y del imán permanente, para completar el circuito magnético.
- **Imán permanente:** Compuesto de material ferromagnético altamente remanente, se encuentra fijado al armazón o carcasa del estator. Su función es proporcionar un campo magnético uniforme al devanado del rotor o armadura, de modo que interactúe con el campo formado por el bobinado, y se origine el movimiento del rotor como resultado de la interacción de estos campos.



Figura II.27: Estator

Escobillas

Las escobillas están fabricadas de carbón, y poseen una dureza menor que la del colector, para evitar que éste se desgaste rápidamente. Se encuentran albergadas por los portaescobillas. Ambos, escobillas y portaescobillas, se encuentran en una de las tapas del estator.

La función de las escobillas es transmitir la tensión y corriente de la fuente de alimentación hacia el colector y por consiguiente al bobinado del rotor.

La función del portaescobillas es mantener a las escobillas en su posición de contacto firme con los segmentos del colector. Esta función la realiza por medio de resortes, los cuales hacen una presión moderada sobre las escobillas contra el colector. Esta presión debe mantenerse en un nivel intermedio pues, de ser excesiva, la fricción desgastaría tanto a las escobillas como al colector; por otro lado, de ser mínima esta presión, se produciría lo

que se denomina "chisporroteo", que es cuando aparecen chispas entre las superficies del colector y las escobillas, debido a que no existe un buen contacto.

2.3.1 Tipos de motores eléctricos

Motores para corriente continua:

- Motor serie
- Motor Compound
- Motor Shunt

Motores para corriente alterna:

- Motor Síncrono

Solo giran a la velocidad determinada por la frecuencia de la corriente.

- Motor Asíncrono.

Se pueden desviar muy poco de la velocidad de giro determinada por la frecuencia y no necesitan un arranque especial. A veces se denominan motores sin escobillas o sin colector.

- Motores lineales.

Usados en ascensores o trenes de alta velocidad.

2.3.1.1 Motor serie

Un **motor serie** es un tipo de motor eléctrico de corriente continua en el cual el devanado de campo (campo magnético principal) se conecta en serie con la armadura.

Este devanado está hecho por un alambre grueso, ya que tendrá que soportar la corriente total de la armadura.

Debido a esto se produce un flujo magnético proporcional a la corriente de armadura (carga del motor).

Cuando el motor tiene mucha carga, el campo serie produce un campo magnético mucho mayor, lo cual permite un esfuerzo de torsión ó par mucho mayor, y este tipo de motores desarrolla un torque muy elevado en el arranque.

Sin embargo, la velocidad varia extensamente dependiendo el tipo de carga que se tenga, por ejemplo sin carga, (no-load), ó con carga completa (full-load).

Estos motores desarrollan un par de arranque muy elevado y pueden acelerar cargas pesadas rápidamente.

Manejan cargas pesadas muy por encima de su capacidad completa.

2.3.1.2 Motor compound

Se designa así al motor de corriente continua cuya excitación es originada por dos bobinados inductores independientes; uno dispuesto en serie con el bobinado inducido y otro conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados inducido, inductor serie e inductor auxiliar.

2.3.1.3 Motor shunt

Se designa así al motor de corriente continua cuyo bobinado inductor principal está conectado en derivación con el circuito formado por el bobinado inducido e inductor auxiliar.

Al igual que en las dinamos shunt las bobinas polares principales son construidas de muchas espiras y con hilos de poca sección, por lo que la resistencia del bobinado inductor principal es muy grande.

2.3.1.4 Motor síncrono

Se denomina motor síncrono a un tipo de motores eléctricos de corriente alterna.

Si un rotor girando y que está magnetizado de manera permanente en dirección transversal se encuentra dentro del estator, será arrastrado por atracción magnética a la velocidad a la que está girando el campo.

Esta velocidad se llama velocidad síncrona, o velocidad de sincronismo, y el resultado de la disposición descrita es un motor síncrono.

Su velocidad está exactamente sincronizada con la frecuencia de línea.

Pequeños motores síncronos se encuentran en relojes eléctricos para asegurar una medición de tiempo precisa, pero también se utilizan en la industria.

En grandes motores síncronos industriales el rotor es un electroimán y está excitado por la corriente directa.

Una característica del motor síncrono es que si el rotor es "sobree excitado", esto es, si el campo magnético es superior a un cierto valor, el motor se comporta como un capacitor a través de la línea de poder.

Esto puede ser útil para la corrección del factor de potencia en plantas industriales que usan muchos motores de inducción.

Motor asíncrono (Normalmentetrifásico)

Los motores asíncronos son un tipo de motores eléctricos de corriente alterna.

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor y un estator en el que se encuentran las bobinas inductoras.

Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre si 120° .

Cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas, se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor.

El rotor puede ser de dos tipos, de jaula de ardilla o bobinado. En cualquiera de los dos casos, el campo magnético giratorio producido por las bobinas inductoras del estator genera una corriente inducida en el rotor.

Como esta corriente inducida se encuentra en el seno de un campo magnético, aparecen en el rotor un par de fuerzas que lo ponen en movimiento.

El campo magnético giratorio gira a una velocidad denominada de sincronismo.

Sin embargo el rotor gira algo más despacio, a una velocidad parecida a la de sincronismo.

El hecho de que el rotor gire más despacio que el campo magnético originado por el estator, se debe a que si el rotor girase a la velocidad de sincronismo, esto es, a la misma velocidad que el campo magnético giratorio, el campo magnético dejaría de ser variable con respecto al rotor, con lo que no aparecería ninguna corriente inducida en el rotor, y por consiguiente no aparecería un par de fuerzas que lo impulsaran a moverse.

2.3.1.5 Motor lineal

Un motor lineal es un tipo particular de motor eléctrico utilizado en ascensores o trenes de alta velocidad.

Consiste en un elemento primario, donde se encuentran los devanados, y un elemento secundario que se extiende a lo largo del trayecto que se va a recorrer, aportando como ventaja la posibilidad de poder disponer de varios primarios sobre un mismo secundario.

Al igual que en el caso de los motores eléctricos rotatorios, pueden existir modelos síncronos y asíncronos.

Junto con las guías lineales, el sistema de medida lineal y el regulador electrónico forman el conjunto activo de accionamiento lineal.

Ventajas

Por muy fino que se hile en el proceso de sintonía de los accionamientos, el valor limitado de la rigidez junto con la existencia de posibles holguras en la transmisión mecánica restringe el uso de husillos a bolas hasta una longitud de unos 6m, una velocidad de unos 60 m / min , y una aceleración de hasta 1g en el mejor de los casos.

Por el contrario, las aplicaciones con motores lineales eliminan los elementos de transmisión mecánica que, debido a su elasticidad, hacen que los accionamientos se comporten con una naturaleza oscilatoria, limitando la dinámica y la ganancia del factorKv.

La transmisión de la fuerza se realiza ahora directamente por el campo magnético.

Todo ello proporciona una serie de ventajas sobre los accionamientos tradicionales basados en transmisiones mecánicas:

Mayores valores de velocidad, pudiendo llegar hasta 300 m/min.

Mayores valores de aceleración, lo que es muchas veces mas importante que el valor de la velocidad máxima para reducir los tiempos de mecanizado.

Los valores típicos andan en torno a 1 ó 2g, o incluso más.

Mayor ancho de banda del sistema de accionamiento y mayores valores del factor Kv, que dan una idea de la rapidez y calidad de respuesta del eje.

El sistema es más preciso cuando se desplaza a altas velocidades, por lo que la calidad de la interpolación así como la velocidad y precisión en aplicaciones de contorneado se incrementan notablemente

Reducción de los niveles de vibración sin comprometer el grado de prestaciones.

CAPÍTULO III

ESTRUCTURA Y DISEÑO DEL SUBMARINO

3.1 Carcaza

Por definición, un submarino debe ser precisamente eso... UN SUBMARINO; o sea un buque capaz de navegar y evolucionar encima o debajo del agua.

Y aquí vienen los quebraderos de cabeza para el modelista, porque de todas las empresas humanas realizables por un solo hombre, una de las que pueden ser consideradas como verdaderamente difíciles es ésta: construir por sí mismo un modelo navegable y sumergible, de un buque submarino.

Construirlo de un extremo al otro, proyectando y desarrollando el sistema por el cual será gobernado y sumergido; ya de entrada podemos pensar en la dificultad de realización de un trabajo que exige ser, a la vez, modelista, tornero, fresador, electrónico, etc., y que deberá incluso tener ribetes de ajustador y técnico en mecánica de fluidos de todo tipo; todo esto, en el bien entendido que se desee hacer navegar al submarino, del mismo modo cómo funcionan los de verdad.

Cuando nos proponemos la construcción de un navegable de este tipo es muy importante la elección del modelo ya que ello nos condicionará en muchos aspectos a determinadas

técnicas según sea el comportamiento del real, y como debemos comenzar por el principio, lo haremos por la técnica y los mecanismos de inmersión.

Aunque en los modelos no existe la diferencia entre sumergibles y submarinos, existe una gran diferencia entre los de desplazamiento fijo y los de desplazamiento variable.

Así de los primeros podría decirse que son sumergibles ya que su estado natural es la flotación y los segundos son verdaderamente submarinos.

Aún pecando de ser repetitivo, recordemos que se entiende por desplazamiento al peso del volumen del líquido desalojado por un casco, por lo tanto, si el peso de dicho casco es menor que el desplazamiento, obtenemos flotabilidad positiva, lo cual significa que flotará en superficie; y lo opuesto, si el peso de dicho cuerpo es mayor que el agua desplazada se hundirá.

La condición de equilibrio es solo matemáticamente posible ya que en la práctica intentar que el peso específico del cuerpo iguale al del agua en todo instante es casi imposible, ya que una milésima de diferencia hará que el cuerpo comience a hundirse o a flotar según sea el signo de la magnitud.

3.1.1 Diseño

Básicamente se construye por el método de libre circulación, o sea que el casco es nada más que una carcasa con la forma deseada, de plástico o fibra de vidrio, con los suficientes orificios para permitir que entre el interior del casco y la cámara estanca circule el agua libremente.

Esta se construye con planchas de plástico de alto impacto de 4 mm. de espesor y algunos refuerzos internos, y la tapa superior de acrílico de 6 mm. vaabullonada con tornillos de 3/32 o similares de bronce cada 3 cm. Aproximadamente. Todo el equipamiento está contenido en esta única cámara estanca.

Justo en el centro de gravedad, colocamos el mecanismo de inmersión, que está compuesto por una bomba de engranajes (ya sea de las que se usan para trasvasar el combustible en

aeromodelismo, o los clásicos "sapitos" de los automóviles.¡Ojo!, existen también de paletascentrífugas

Existen muchos modelos de submarinos pero los más conocidos son los utilizados para maniobras militares como observamos en la figura III.1, el clase Seawolf SSN 21 "USS Seawolf", de Trumpeter, escala 1/144. Este submarino es producto de la Guerra Fría, como respuesta de Estados Unidos a la introducción de nuevos submarinos soviéticos de gran capacidad de navegación a profundidades donde era imposible detectarlos, en concreto los Typhoon y los Akula. Los clase seawolf, introducidos desde principios de los '90, en submarinos de ataque, "cazadores de submarinos", tal su final objetivo, aunque poseen capacidad de despliegue de elementos SEAL y otras medidas de interceptación de señales pero todo esto siempre está rodeado de un velo de seguridad, de manera. Poseen tubos de torpedos como así también posibilidad de lanzar misiles subsónicos de explosivo convencional o nuclear contra blancos terrestres o en el agua. La propulsión de este submarino proviene de un reactor nuclear y su profundidad máxima declarada es de más de 600 mts.

El proyecto original contemplaba 29 unidades, pero con la caída de la Unión Soviética, el consecuente fin de la guerra fría y restricciones presupuestarias limitaron la producción a solo 3 unidades, el SSN21 USS Seawolf, SSN22 USS Connecticut y el SSN23 USS Jimmy Carter, este último salió de astillero con 30 metros adicionales de eslora donde se montó una plataforma "multimisión" para despliegue de SEALS, ROVs, como así también elementos de escucha de cables submarinos como se muestra en la figura .



Figura III.1: Submarino EEUU seawolf

En lo referente al casco que está realizado con piezas plásticas industrializadas de fontanería, utilice en este caso una T de 6 pulgadas con sus respectivas tapas, ver figura III.2, la superior que viene con rosca y es la que me permite siempre poder acceder al interior, la delantera y trasera son fijas una macho y otra hembra.

Los patines también son de caño de desagüe de 40 mm, para unir todo formando la estructura utilice planchuela de hierro de 3/4 x 3/16 a la que a golpe fui dando la forma que se ve en los dibujos, la soldadura termina de reforzar todo.

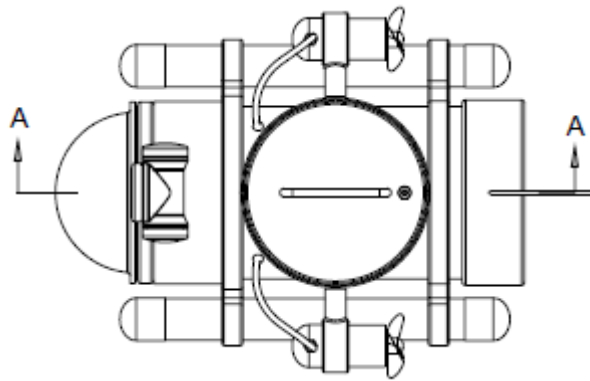


Figura III.2: Vista superior

Tome también la idea de la instalación de los conductores para alimentar eléctricamente los motores, con cableTPR y sus respectivos prensa cables.

La cabina del piloto y la disposición de los motores, además dicho modelo en su principio era de inmersión dinámica como es el nuestro, ya que no me quería complicar con dispositivos de inmersión y seguridad.

El tamaño elegido nos permitió trabajar con comodidad en el interior del casco, pero nos obliga a utilizar motores grandes y potentes, para ello elegí los motores de 24 VOLT que nos entregan unas 4000RPM, y a estos los alimentamos con una batería de 12 VOLT 7 AMP, girando estos motores logramos orientar el chorro de agua y bajo, subo o me desplazo para adelante o para atrás, combino con este movimiento un regulador de velocidad con

inversor de marcha, los motores entran junto en el caño de 40 mm, a los que cerramos por un extremo y del otro extremo lo cerramos adaptando tapas de desodorante, el mismo modo cerramos los patines de apoyo.

Otro inconveniente fue el desplazamiento de este casco que pesa unos 11850 gr, lo que hace a este modelo bastante pesado, en la figura III.3 colocamos una manija en la tapa superior para poder maniobrarlo con comodidad, ellas se encuentra en la mitad delantera proa de los patines de apoyo ya que la batería (en el interior del casco se encuentra contra la popa)

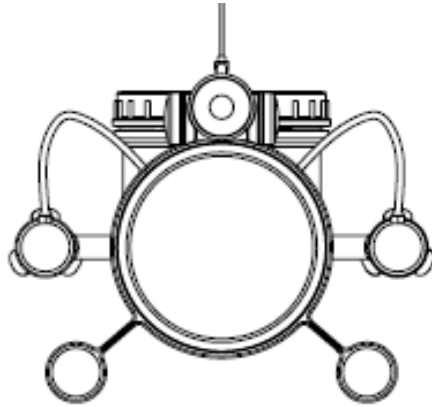


Figura III.3: Vista frontal

La cabina del piloto la realizamos con una semiesfera de acrílico, ver figura III.4, el asiento está realizado con alto impacto y una cámara de transmisión inalámbrica, para que no entre agua colocamos un porcentaje de goma y una importante cantidad de tornillos tipo triplepato o tornillo a continuación un diagrama de bloques que representa su interior

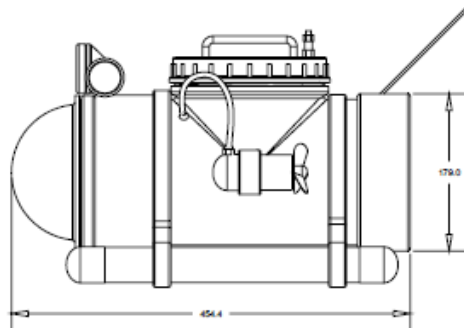


Figura III.4: Vista lateral

Este submarino ocupa 4 canales el 1 para el regulador/inversor de velocidad, el 2 para girar, el 3 cambia la posición de los motores de horizontal a vertical y el 4 enciende o apaga la luz, para la antena coloque una varilla de roncede un milímetro, aislada con un espaguete de termo 72ontraíble de unos 28 cm de largo así no pierdo recepción.

Otras características generales son su color amarillo, muy útil a la hora de ganar profundidad y perder visibilidad, la linterna que si bien tienen propiedades subacuáticas tuvimos que reformarla en su hermeticidad ya que a tres metros de profundidad la presión del agua hacia que esta se llenara de líquido rápidamente. A continuación mostramos en la figura III.5 las piezas que forman parte del submarino.

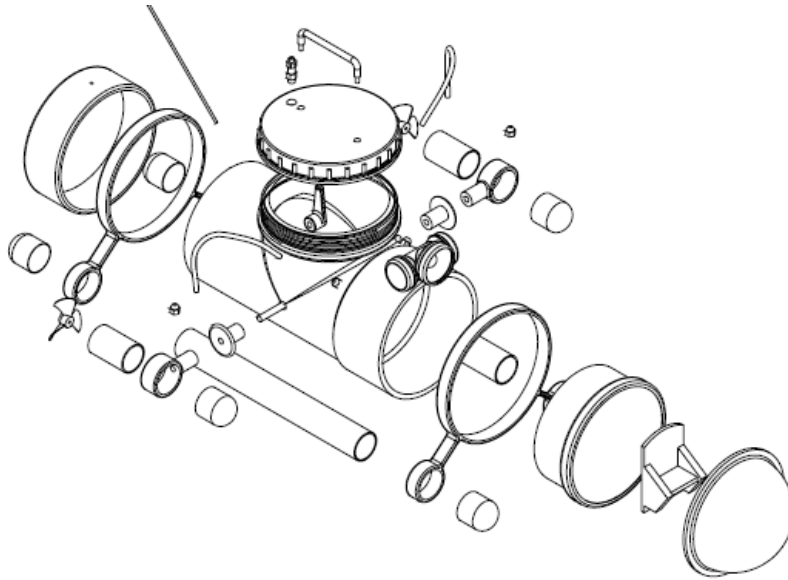
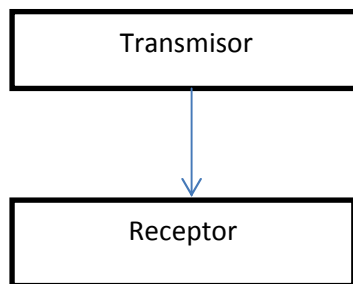
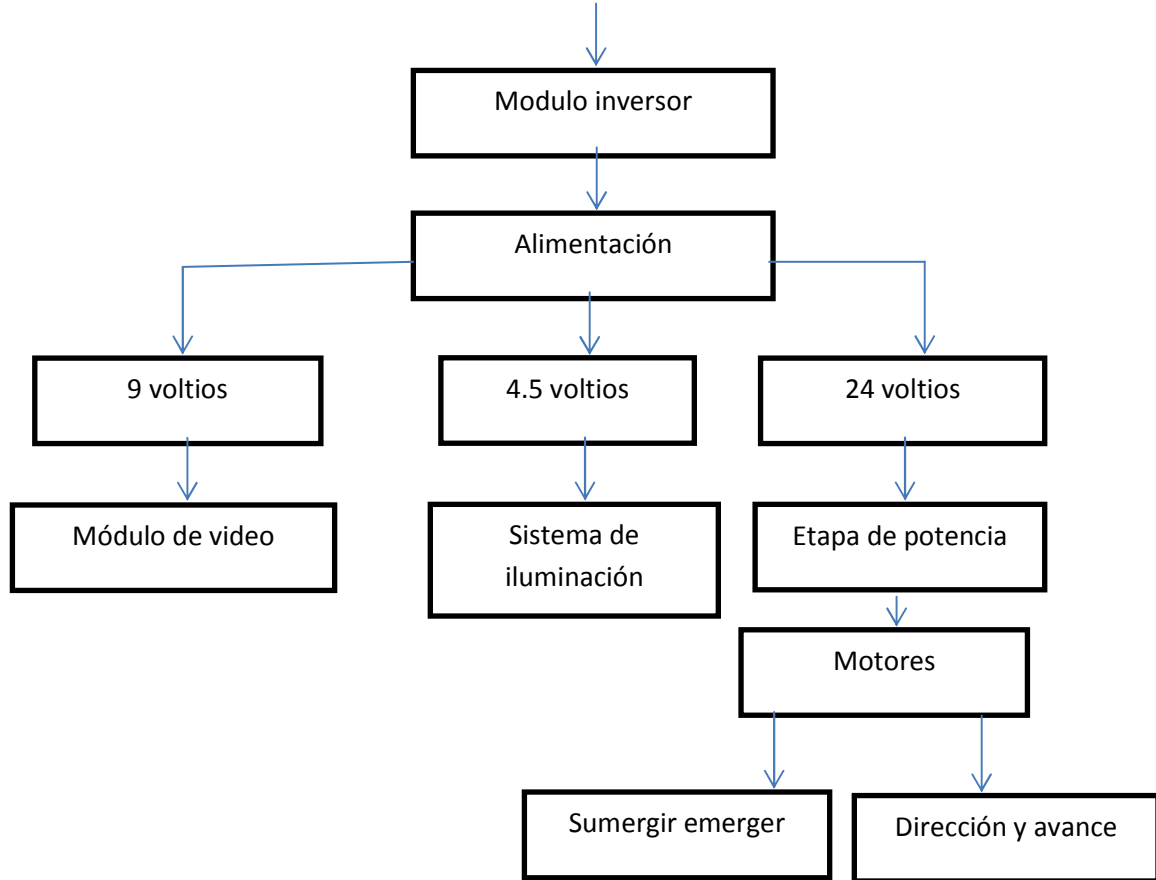


Figura III.5: Despliegue de piezas

A continuación un diagrama de bloques que representa su estructura interna

Diagrama de Bloques





3.2 Sistema de navegación

Ya se han descrito los principales sistemas para hacer operativo un submarino, desde los más elementales hasta los más complejos. Como curiosidad diremos que uno de ellos, en el momento de escribir estas notas, es decir el sistema con compresor de aire, y que actualmente se comercializa en forma de kits.

Pero no todo termina en la elección de uno u otro sistema de inmersión. Ese es desde luego el primer paso y allí debemos tener en cuenta el tamaño del modelo, tipo, materiales de los que disponemos y por supuesto el costo de cada uno, para luego pasar a considerar algunos factores más que hacen a la funcionalidad de nuestro modelo. Por ejemplo, es necesario que el submarino mantenga una postura horizontal, ver figura III.6, en el sentido del eje transversal para garantizar una trayectoria a igual profundidad; y una postura vertical en el eje de crujía para evitar que nuestro modelo de una vuelta de campana al actuar el torque

del motor. Por el contrario, el equilibrio en el eje vertical sólo afecta el rumbo a seguir y generalmente se controla con los timones verticales.

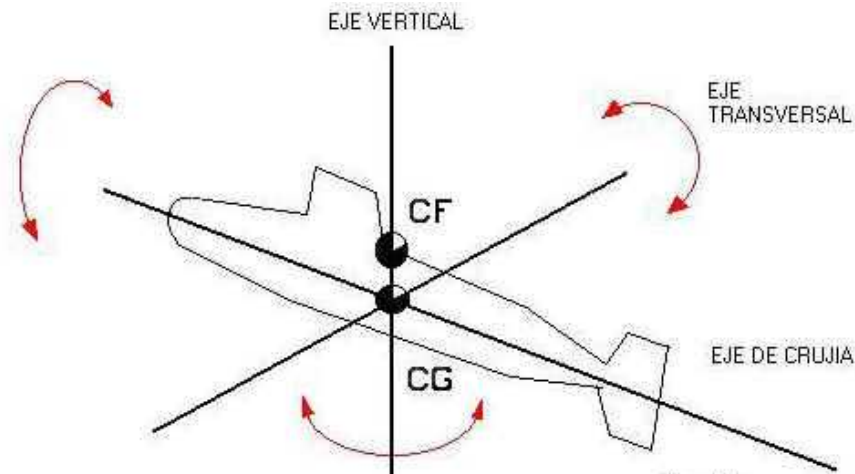


Figura III.6: Postura Horizontal

El equilibrio en el eje transversal se logra haciendo que coincidan en una misma línea vertical el centro de gravedad CG del modelo y el centro de flotabilidad CF, dos fuerzas opuestas y equilibradas como podemos observar en la figura III.7.

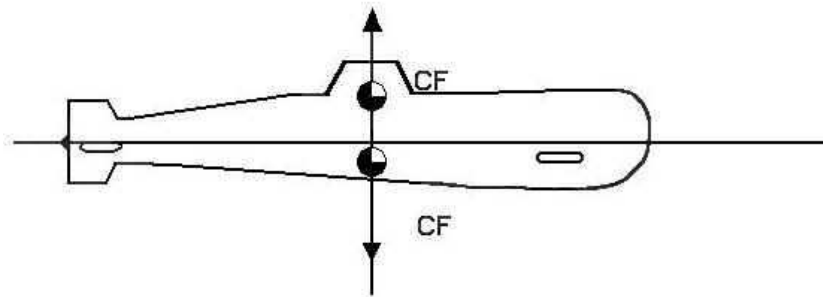


Figura III.7: Equilibrio del submarino

Al ver el dibujo comprenderán la dificultad de centrar estas dos fuerzas si se dispone de dos o más lastres. Una solución sencilla es dotar a nuestro modelo de un sólo lastre situado perfectamente sobre el CG del submarino. Cuando estas dos fuerzas coinciden tanto en flotación (lastres vacíos) como en inmersión (lastres llenos), el modelo mantendrá una perfecta postura horizontal. Las correcciones se pueden hacer de dos maneras según sea necesario: desplazando elementos que corran el CG de su posición (plomo, baterías, etc.), o

colocando elementos que cambien de lugar el CF (elementos con flotabilidad positiva: trozos de telgopor, cámaras estancas, etc.). Por el contrario, el equilibrio en el eje longitudinal (de crujía) parece sencillo de alcanzar ya que para que éste sea mayor sólo basta aumentar la distancia en sentido vertical entre el

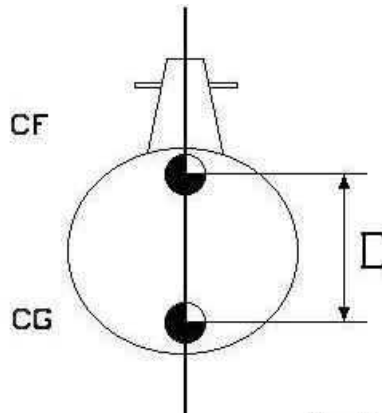


Figura III .8: Disposición de balance

Si la distancia entre centros (D) es pequeña, el momento adrizante también lo es, y nuestro modelo puede dar vueltas sobre si mismo ante la torsión del motor, especialmente si está en ángulo de inmersión o emersión. Para aumentarlo se colocan los elementos más pesados lo más bajo posible, y aquellos que otorgan flotabilidad positiva lo más arriba posible.

No olvidemos que en flotación, todos los elementos que se encuentren por encima de la línea de flotación normal (aún aquellos que en inmersión tengan flotabilidad positiva) actuarán como generadores de peso. Por ello para facilitar el equilibrio es deseable que todo aquello que se halle por encima de la línea de flotación sea lo más liviano posible y de flotación casi neutra. Ya en navegación a máxima velocidad interviene lo que llamamos "equilibrio dinámico".

En un submarino moderno con el eje motor alineado en el centro de éste, sólo puede alterar su equilibrio la resistencia hidrodinámica de la vela o quiosco como se puede ver en la figura III.8.

Debido a ella, el centro del área lateral (CAL) queda por encima de la línea de empuje, originando un par de desequilibrio que sumado a otras fuerzas, debidas a la diferente

velocidad de las venas fluidas por encima y por debajo del modelo, tienden a subir la proa del modelo. Ver figura III.9

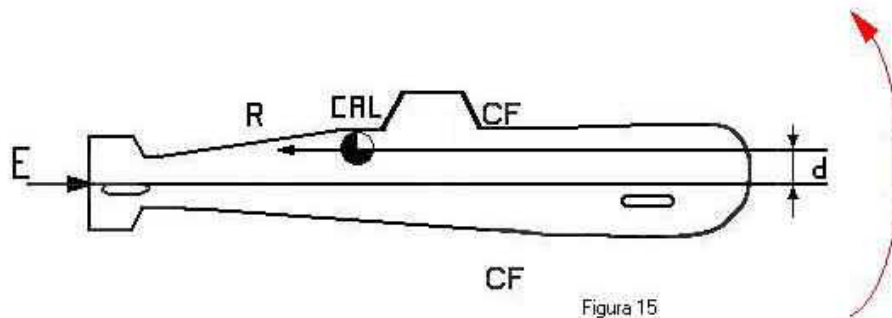


Figura III.9: Estabilidad frontal

Naturalmente, esto se corrige con la posición de los planos de profundidad, creando una fuerza hacia abajo que restablezca el equilibrio. Este efecto es mayor en un submarino del tipo de los de la II GM, que tienen los ejes motrices desplazados hacia abajo del eje del casco. Pero allí además de los planos también se pueden inclinar los ejes hacia abajo para aumentar el par de equilibrio.

Como mantener este equilibrio en forma manual obliga a continuas correcciones, se puede recurrir a algunos sistemas de "ayuda automática de equilibrio". Así, para evitar que se pierda el equilibrio en el eje transversal, lo cual si el submarino no está visible y la profundidad es suficiente puede ocasionar que nuestro submarino realice un rizo hacia arriba, clavándose en el fondo o excediendo la profundidad de seguridad, se ha recurrido a varios artilugios.

Es la primera forma de intentar una incursión por debajo de la superficie del líquido elemento; como el título lo anticipa, en estos modelos el peso no varía durante la inmersión, o sea, se mantiene constante el P_e .

Entonces la forma de operar es la siguiente: se trata de modelos con una flotabilidad positiva (cuanto menos mejor, para poder sumergirlo con menor esfuerzo), y la forma de lograr la fuerza necesaria para la inmersión es dinámica.

Se hecha mano a la fuerza impulsora del motor para lograr velocidad, se sobredimensionan los planos de inmersión, y estos, trabajando como verdaderas "alas" hidrodinámicas crean el empuje hacia abajo necesario; esta pequeña fórmula da una idea de la relación entre la velocidad, el ángulo de calaje y la fuerza generada por superficie plana sumergida (según artículo de la revista RCModel).

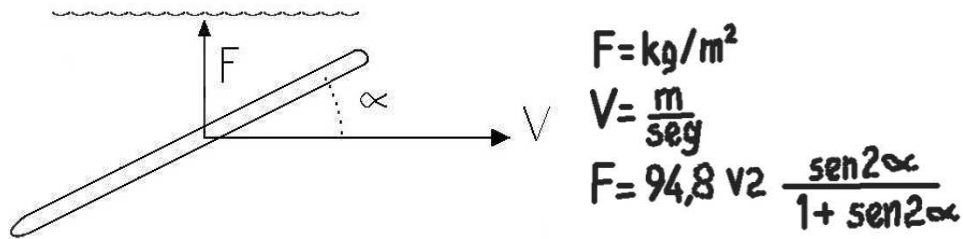


Figura III.10: Formula de la relación Velocidad, ángulo y fuerza

Como puede verse en la figura III.10, toda la maniobra se realiza con ambos planos, delanteros y traseros trabajando juntos; éstos durante la navegación en superficie deben estar totalmente sumergidos, ser de generosas dimensiones y grueso perfil alar, además como dijimos que la flotabilidad positiva debe ser pequeña, ello se logra con una obra muerta muy liviana, ya que cada gramo de peso por encima de la línea de flotación requiere del mismo valor de flotabilidad positiva para llegar a la línea de flotación e idéntica fuerza para hundirlo.

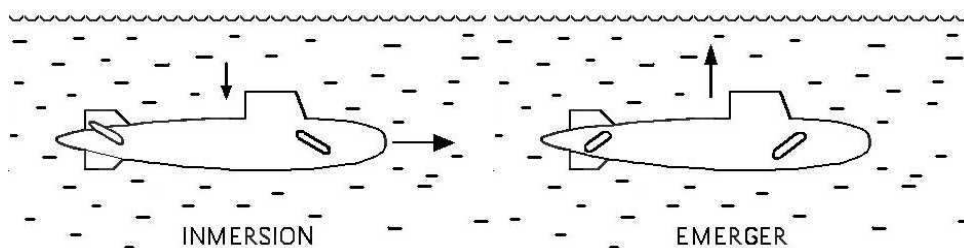


Figura III.11: Inmersión y emerger

Como podemos observar en la figura III.11, estos modelos solo pueden sumergirse estando en movimiento, ya que detenido no existe fuerza hidrodinámica y necesitan de una considerable velocidad.

Para solventar este inconveniente existe un método también hidrodinámico que se basa en el trabajo de un motor eléctrico empujando hacia abajo para la inmersión.

Se presta muy bien para modelos del tipo científico, de rescate o experimentales como el ALVIN, u otros.

Como podemos ver en la figura III.12 y en la figura III.13, se pueden hacer modelos controlados totalmente por motores sin planos de mando.

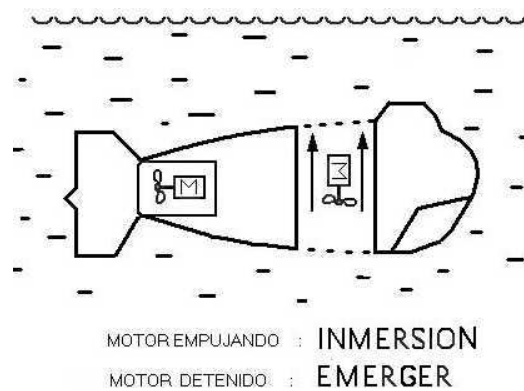


Figura III.12: Submarino con motor central

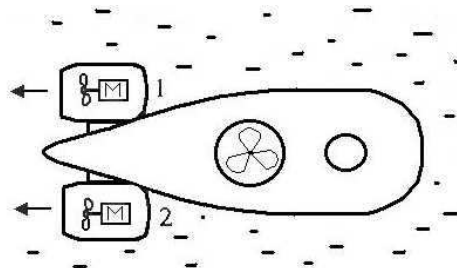


Figura III.13: Submarino con motores de avance y giro

A pesar de las desventajas, los submarinos de desplazamiento fijo tienen una a favor: SU SENCILLEZ, ya que basta con un compartimento estanco para todo el equipo y ningún mecanismo presurizado. Requieren tres canales de radio para funcionar.

3.3 Sistema de propulsión

La posición y forma de hidroplanos y timones de dirección, y el de las hélices ha variado considerablemente en los últimos 60 años. En especial, desde la llegada de los submarinos

de primera generación, y más tarde con la de los monoárboles con casco en <<gota de agua>>. Es un detalle que conviene conocer para poder elegir nuestro futuro submarino RC con conocimiento de causa. Es algo más importante de lo que parece, porque de que elijamos uno u otro tipo dependen un sinnúmero de detalles, desde su propia maniobrabilidad hasta un mayor o menor grado de dificultad llegada la hora de construirlo, diseñar y ubicar sus elementos interiores y están que rizar los accesos.

Por regla general los sumergibles utilizaban dos hélices en popa junto a un par de hidroplanos y uno o dos timones para el gobierno, dependiendo del número y posición de los tubos de lanzar popes el que el número de los timones de gobierno fuese par o impar. El otro par de timones de buceo se hallaban en proa, existiendo buques en que éstos estaban por debajo de la línea de flotación y no eran plegables, junto a otros en que lo hacían por encima de la flotación, en cuyo caso y por necesidades de orden práctico, siempre eran plegables o articulados. Los hay de varios modelos como se ve en la figura III.14.

Con los primeros submarinos empezaron a verse buques con una hélice única, junto a la cual se hallaban los timones de buceo y de dirección en una disposición cruciforme que se conoce como cruz de quilla. Las líneas del casco de dichos buques eran más hidrodinámicas que las de los sumergibles, con torretas asimismo más hidrodinamizadas - cuyo nombre pasó a ser el de <<vela>>-, y en algunos casos sin timones de buceo proeles. Casi de la mano de los submarinos nucleares, por lo menos de los norteamericanos con casco en gota de agua, llegaron asimismo los planos de buceo en la vela, algo que si en la realidad tiene su importancia, por lo que respecta a nuestras necesidades no le hallaremos ninguna; o cuanto menos de modo apreciable aunque dificultará su comando.

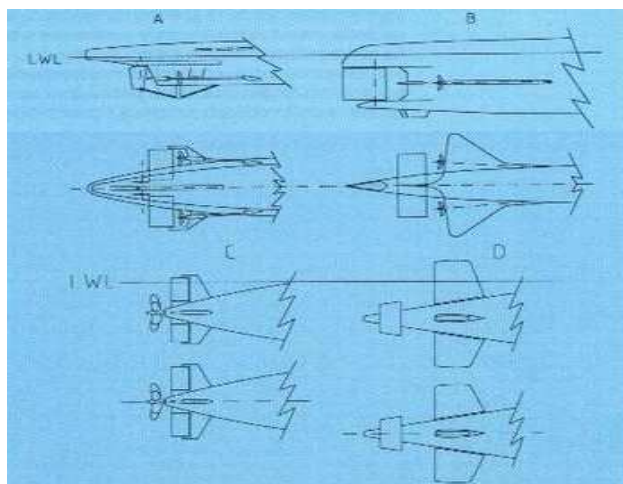


Figura III.14: Tipos de propelas

En un submarino RC conviene pensar en primer lugar en la facilidad de estanque rizar el acceso; luego en la cualidad de una mejor o peor navegabilidad, facilidad de ubicar y comandar, asimismo en la de repararlos y mantenerlos cuantos elementos internos sean menester.

CAPÍTULO IV

CIRCUITOS DE CONTROL

4.1 Circuito transmisor

El circuito integrado que emplearemos es el LM1871, ver figura IV.1, el cual según el fabricante es un codificador digital proporcional completo de 6 canales, también tiene un transmisor de **RF** (radio frecuencia) para uso en baja potencia sobre bandas de **27MHz** y **49MHz** en **FM** (Frecuencia Modulada) sin necesidad de algún tipo de licencia. El **CI** (Circuito Integrado) nos provee de un sumador lógico para poder elegir la cantidad de canales que tendrá el radiocontrol, los cuales pueden ser de 3 a 6, dando una buena flexibilidad para todo tipo de diseños. Cuando se usa conjuntamente con el Receptor/Decodificador **LM1872** obtenemos sistema codificador-decodificador de muy bajo costo y en RF.

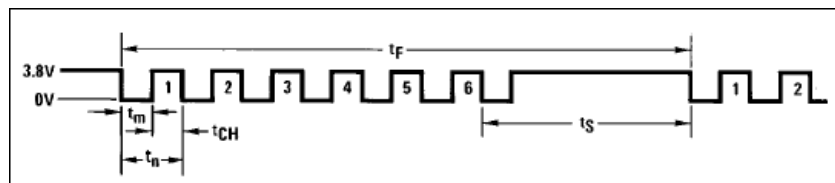


Figura IV.1: Señales del CI

4.1.1 En resumen el LM1871 tiene:

Capacidad de operación de bajo consumo a 9V.
 Oscilador y transmisor de radio en el mismo chip.
 Solamente un solo capacitor como base de tiempo para los 6 canales.
 Cantidad de canales programable.
 Salida de RF regulada.
 Control de modulación de ancho de banda externo.
 Regulador de voltaje interno de 4.6V
 Operación en frecuencia hasta 80MHz.

4.1.2 Características eléctricas:

Tensión máxima de trabajo = 16v
 Tensión mínima de trabajo = 4,5v
 Salida máxima de corriente por el pin 4 = 10mA
 Salida máxima de corriente por el pin 13 = 25mA
 Disipación máxima = 1600mW
 Rango de operación de temperatura = -25°C hasta +85°C
 Salida de RF = 400mV (eficaz)

A partir de estos valores podemos deducir que no habría problema de alimentar el circuito con 12v si bien lo típico son 9v, esto se puede hacer con 10 pilas recargables de Ni-Cd de 1,2V en serie.

La figuraIV.2 muestra los dos circuitos de temporización y sus formas de onda usados por el LM1871.

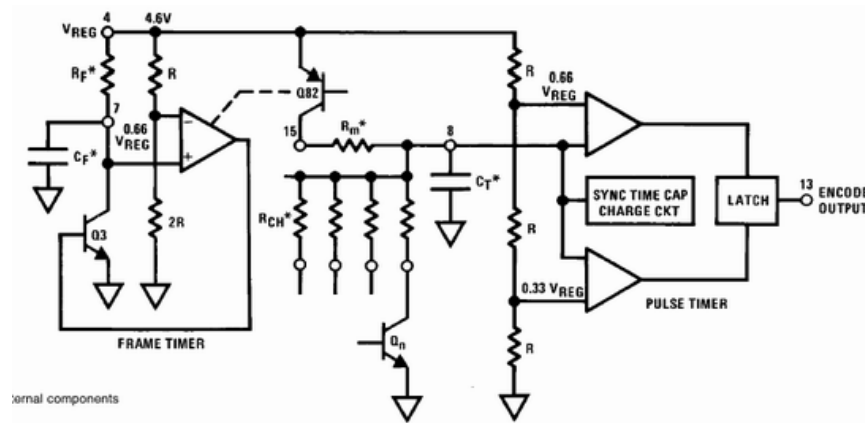


Figura IV.2: temporizador

El oscilador del tiempo de trama (**tF**) consiste en un comparador de tensión de alta ganancia y un transistor NPN (**Q3**) que hace de llave (**switch**). Cuando el transistor esta OFF el capacitor de temporizado (**CF**) se cargara a $2/3$ de la tensión V_{reg} . Entonces el comparador de tensión hace que el transistor (**Q3**) pase al estado **ON** y se descargue el capacitor (**CF**) y termina el ciclo.

En la figura IV.3 La onda del circuito de tiempo en los pulsos es bastante parecido en la forma de funcionamiento excepto que el capacitor (**CT**) se carga desde $1/3$ hasta $2/3$ de la tensión V_{reg} . El transistor PNP (**Q82**) hace que se cargue (**CT**) a través de la resistencia de modulación (**RM**) hasta un valor de $2/3$. :

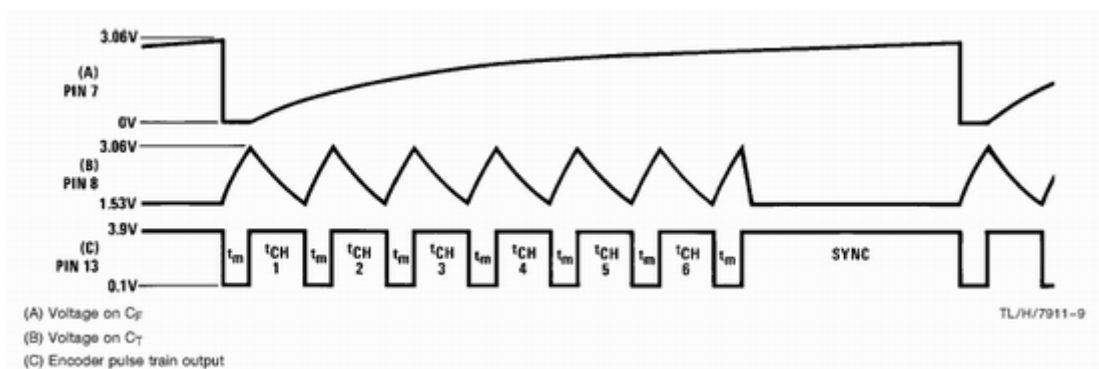


Figura IV.3: Forma de onda

Luego la descarga de este (**CT**) se hace a través de 6 transistores NPN (**Qn**) pasando por las resistencias del canal (**RCH**) correspondientes. Cada uno de estos temporizadores de pulsos

son independientes entre si y se activa la carga/descarga de cada uno a su debido tiempo. La constante de tiempo para estos circuitos se puede obtener con esta fórmula.

$$\frac{-t}{RC} = \ln \frac{V1}{V2}$$

Donde **V1** es la tensión es la caída de tensión en la resistencia de temporizado al final del ciclo y **V2** es la caída de tensión en la resistencia de temporizado al comenzar el ciclo.

El mismo es de **2 canales analógicos** y **2 digitales**. Ya se que es muy poco, pero es importante hacer que ande bien este circuito y después podemos modificarlo para aprovechar los 6 canales de transmisión que permite como máximo. Esta presentada del lado de los componentes para que cuando uno la imprima con una impresora láser sobre un papel transfer (Se pueden comprar en las casas de electrónica) nos quede listo para pasarlo a la placa de pertinax o de fibra de vidrio (recomiendo que usen esta última).

Como palanca de mandos utilice unos joysticks marca GENIUS que estaban nuevos. Ver figura IV.4, solo tenemos que ver de cuanto es el valor óhmico de los potenciómetros que están usando y el Angulo de libertad que tenemos en el dispositivo.

En mi caso los potenciómetros son de 100K y tuve que hacer todo el cálculo de más arriba, pero en vez de calcular el Angulo necesario hice al revés; calcule las resistencias necesarias para el ángulo y el potenciómetro que yo ya tenía.

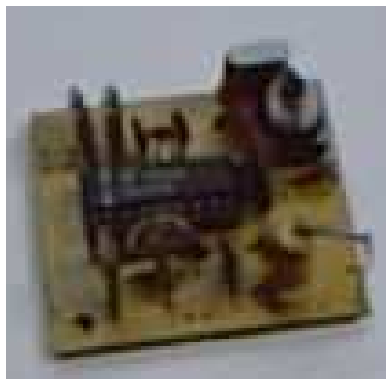


Figura IV.4: Transmisor

4.2 Circuito receptor

4.2.1 Descripción general

El LM1872 es un receptor y decodificador de Radio Frecuencia (RF) completo diseñado para aplicaciones de radio control. El dispositivo se usa tanto en frecuencias de **27MHz**, **49MHz** o **72MHz** para controlar varios tipos de juguetes como autos, botes, tanques, robots, aviones y trenes. Como se observa en la figura IV.5

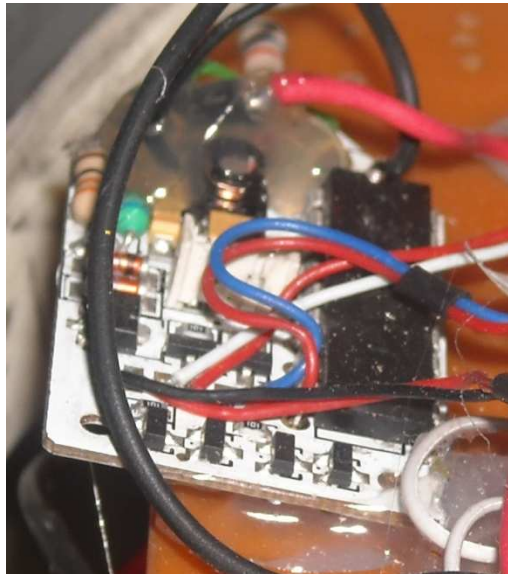


Figura IV.5:Receptor

El diseño del superheterodino controlado por un cristal ofrece al mismo tiempo una buena sensibilidad y selectividad. Cuando trabaja en conjunto con el transmisor LM1871, este le provee cuatro canales de información independientes. Dos de estos canales con modulados en el ancho de un pulso analógicamente (**PWM**) y los otros dos son canales digitales (**ON/OFF**) con una capacidad de manejar hasta **100mA**.

Cada uno de estos canales se puede convertir al otro tipo de canal con algún circuito externo. De esta manera se pueden llegar a obtener 4 canales totalmente analógicos o 4 canales totalmente digitales. Solo hacen falta algunos componentes externos para complementar al LM1872 el cual incluye un oscilador local, mezclador, detector de **IF**(Frecuencia Intermedia), **AGC** (Control automático de ganancia), controladores de sincronismo de salida y toda la lógica del decodificador.

Para la transmisión de información analógica el sistema de codificación/decodificación (LM1871 y LM1872) utiliza el sistema de modulación por el ancho de pulso o **PWM**, mas conocido en el ambiente del R/C como **PPM**. En la aplicación de este tipo de modulación la portadora de **RF** es interrumpida en pequeños intervalos de tiempo fijos (ver "**tM**" en la figura IV.6). Cada uno de estos intervalos esta seguido por un pulso de ancho variable llamado **tCH**; de esta forma se definen los múltiples lapsos de tiempo (**tM + tCH**) en serie.

La sincronización se logra gracias a un tiempo variable mas largo que **tCH** llamado **tSYNC** el cual produce que se termine el tiempo **t'SYNC** de un temporizador que esta en el receptor y que sirve para volver a cero un contador que se encarga de contar los canales recibidos.

La secuencia total de pulsos incluidos el pulso de sincronismo constituye un solo ciclo de la señal base de radio control, este ciclo se llama "**frame**" y se reconoce como simple periodo de frame (**tF**).

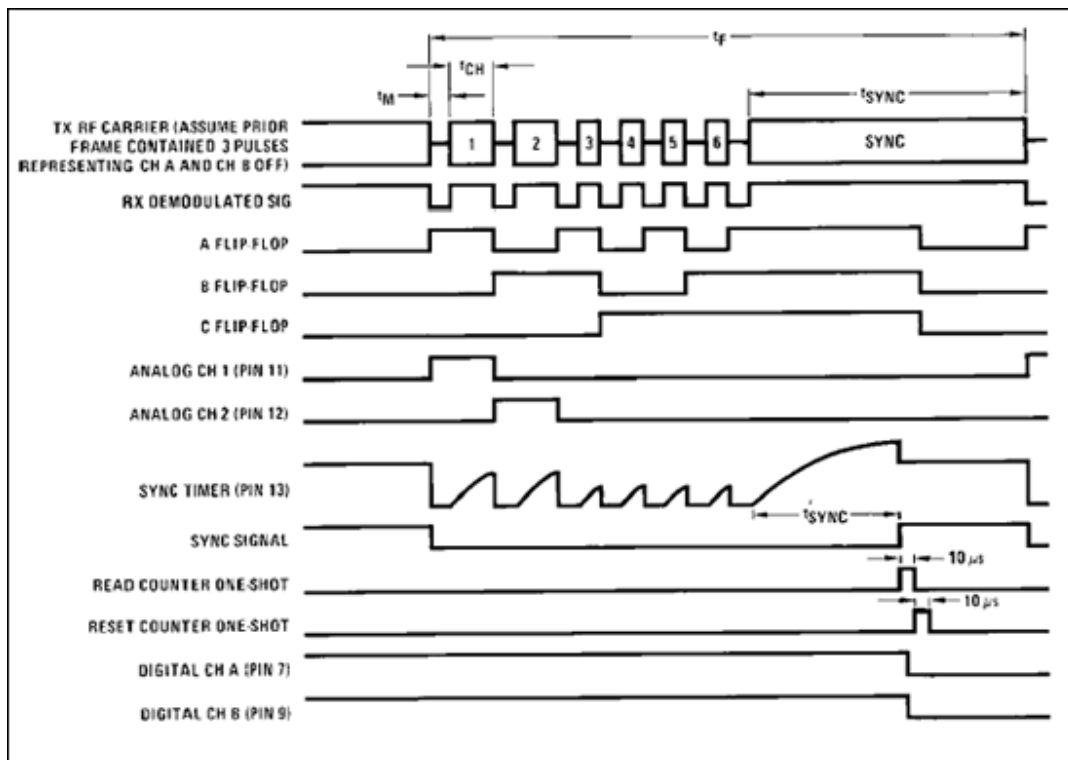


Figura IV.6: Canales de transmisión

El circuito transmisor hecho con el LM1871 está equipado para transmitir hasta 6 canales, el circuito que se usará aquí con el LM1872 puede recibir 2 canales analógicos y 2 canales digitales (más adelante se verá cómo expandir hasta 4 y 6 canales analógicos).

El receptor decodifica la señal de RF detectando el flanco de caída o flanco negativo del pulso, esto lo hace al pasar la señal por tres divisores binarios llamados en la Figura III.6 de arriba como "flip-flop A, B y C".

Luego examinando cada una de las salidas de estos divisores por separado se pueden identificar y recuperar hasta 6 canales independientes. En realidad solo los dos primeros son los que se decodifican y los restantes solo sirven para determinar el estado digital de las 2 otras salidas digitales. Para la identificación esta se usa el resultado de un contador que cuenta la cantidad de canales transmitidos. Ver la figura IV.7:

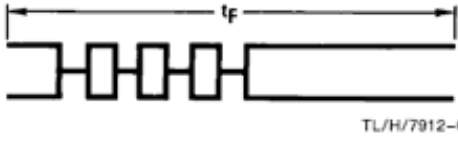
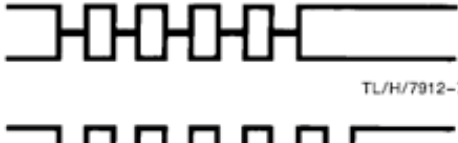
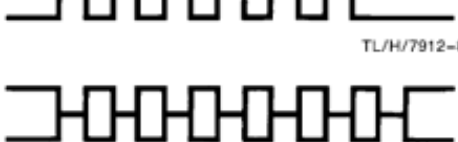
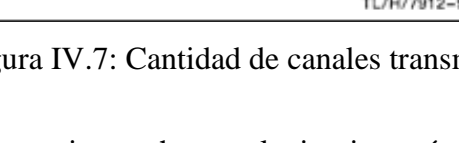
LM1871 TX		LM1872 RX			
Pin Conditions		Transmitted Waveform	Binary Pulse Count	Digital Outputs	
Pin 5 (CH A)	Pin 6 (CH B)			CH A	CH B
OPEN	OPEN		100	OFF	OFF
GND	OPEN		101	ON	OFF
OPEN	GND		110	OFF	ON
GND	GND		111	ON	ON

Figura IV.7: Cantidad de canales transmitidos

(N del T) Es conveniente primero hacer el circuito más simple de solo dos canales analógicos y dos digitales por su simpleza respecto a los otros de más canales. También conviene transmitir y recibir en 27MHz dado que a esta frecuencia es menos crítico el trazado de las pistas en la placa de pertinax, a mayor frecuencia es mucho más difícil la

puesta a punto tanto del transmisor como del receptor debido a muchos factores que tienen que ver con los efectos parásitos de los componentes utilizados.

4.2.2 Circuito decodificador

El propósito de este circuito es de recuperar la información codificada de la portadora de radio frecuencia y convertirla en una señal que pueda entender el servomotor correspondiente según el canal, como asítambién la información que sirve para determinar el estado digital de una salida de estas características.

El núcleo del decodificador son los contadores binarios llamados **flip-flop A, B y C** del diagrama. La salida del detector (ya de modulada) alimenta las entradas de los contadores binarios y la del temporizador de sincronismo. Cuando la portadora de **RF** tira el primer pulso el flanco descendente avanza el contador un estado, durante el "estado bajo" (**atm**) el capacitor que conforma el temporizador de sincronismo se mantiene desactivado gracias al transistor **Q12**. Luego la portadora introduce el flanco positivo del próximo pulso se empieza a recibir el pulso modulado en el ancho (**techo**) entonces el capacitor del tiempo de sincronismo empieza a "levantarse" para tratar de llegar al límite de $(V+/2)$, pero en el poco tiempo que le da **tCH** no alcanza a lograrlo. Entonces cuando termina **tCH** viene el flanco negativo del pulso y se repite el ciclo de que el contador avanza un pulso y se resetea el temporizador de sincronismo porque el capacitor permanece desactivado, y luego esto se repite para el segundo canal analógico.

Para decodificar los dos canales analógicos anteriores unas compuertas digitales NAND de tres entradas llamadas **G1** y **G2** examinan el tren de pulsos que devuelve el contador binario de tal manera que les permite identificar los periodos de tiempo que representan esos canales. Al decodificar de esta manera el ancho total del pulso decodificado es igual a la suma del tiempo fijo del estado bajo (**atm**) más el tiempo variable del estado alto (**tCH**). Finalmente una etapa de potencia en Darlington se encarga de entregar este mismo pulso repetitivamente cada 20ms, pero con mayor capacidad de potencia para alimentar directamente un servo estándar.

Después de los dos primeros canales analógicos vienen una cantidad de pulsos correspondientes a los otros canales. Esta cantidad varía desde uno a cuatro, cada uno de **500us** de duración fija; los cuales determinan el estado de las salidas digitales en el receptor. Un dato muy interesante es que hasta que el grupo de pulsos termine (**tF**), el decodificador responde a estos pulsos tal cual como si se tratasen de canales analógicos pero no entrega ninguna salida. Al terminar el tren de pulsos de datos el transmisor envía el pulso de sincronismo (**tSYNC**), y como este pulso (que también es variable porque "absorbe" las variaciones de los **tCH** para que se mantenga constante **tF**) es mucho más grande que los demás pulsos el periodo del temporizador de sincronismo se ubica en **3,5ms**. Es por esta razón que el reste en los contadores se dispara únicamente en el periodo de tiempo del pulso de sincronismo y no antes.

4.2.3 Ajustes de sincronismo

El temporizador de sincronismo (**tSYNC**) debe tener el "corte" preparado de tal manera que sea más largo que el pulso de canal (**tCH**) más largo, pero más corto que el pulso de sincronismo (**tSYNC**) más corto. Usando los componentes del circuito propuesto el temporizador tiene el corte a **3,5ms** el cual funcionará perfectamente dentro del pulso de sincronismo que es de 5ms.

4.2.4 Estabilidad General

El circuito consta de numerosos capacitores de bypass para RF que cumplen la función de "estabilizar" el circuito ante la presencia de espurios, pero no todos son totalmente necesarios para asegurar la estabilidad necesaria y buena performance. Una versión máseconómica (se justifica en el caso de producirlo en serie) puede no usar los capacitores **C1, C9, C10 y C11**.

Mientras más limpia y pequeña sea la placa donde está montado el circuito menos capacitores de bypass son necesarios. En el caso que la placa demuestre ser inestable se pueden incrementar los valores de los capacitores **C7, C9 y C10** a **0.1uF** para mejorarla. Pero no hay porque preocuparse si se usa el circuito y la placa propuesto en este documento porque se puede usar con cierta estabilidad incluso hasta **72MHz**.

4.2.5 Ajustes del receptor

El procedimiento de ajuste del circuito es bastante simple y rápido debido a que las etapas están bien separadas y no tienen mayor interacción entre sí.

Primero el oscilador es ajustado tocando **L1** mientras que se mide con una punta de baja capacidad $\leq 10\text{pF}$ en el **Pin 2**. Durante el ajuste se verá en el osciloscopio un pico máximo y luego una disminución abrupta. Hay que ajustar **L1** de tal manera que el punto se encuentre justo antes del pico máximo alejado de la disminución abrupta.

Luego para poder ajustar correctamente **T1**, **T2** y **T3** debe inyectarse en la antena una señal de **RF** proveniente del circuito transmisor con el LM1871 (realizado en la primera etapa de este proyecto). Esto es porque los cristales que se usan en este tipo de circuitos tiene un error del 0.01% . En **49MHz** una desviación de **5KHz** puede hacer que los dos circuitos no se "vean" porque no entra en el filtro pasa banda de **FI** que es de **3,2KHz**. La señal tiene que ser inyectada en la antena para asegurarse de una correcta carga del tanque de entrada **T3**.

Los ajustes son mucho más fáciles con un control automático de ganancia (**AGC**) el mismo está disponible con solo mandar a masa el **Pin 16**. Midiendo la amplitud de la **FI** en el Pin 15 se puede usar como una buena guía de ajustes. En este punto el valor no debe exceder los **400mVp** o el diodo **D2** comenzara a "recortar". Otra cosa a tener en cuenta es que la capacidad de **10pF** de la punta de prueba en el **Pin 15** produce que la frecuencia de trabajo del tanque de **FI** se corra **2KHz**. A menos que no se pueda usar una punta de prueba de menor capacidad se recomienda tomar la lectura del mismo valor en el pin sin uso del secundario de **T2**. Si la amplitud en el **Pin 15** es disminuida relativamente a un factor de **8,25** se podría usar una punta de incluso **50pF** sin notar cambios en la frecuencia del tanque.

El método práctico para captar la señal es no extenderle la antena al transmisor y alejarlo de tal manera que en el receptor se puedan obtener **400mVp** o menos en el **pin 15** del **CI**. Entonces es cuando se ajustan **T3**, **T1** y **T2** para una máxima señal.

CAPITULO V

IMPLEMENTACIÓN

5.1 Construcción del casco

Para la realización del submarino ver figura V.1, elegimos el material PVC que es fácil de encontrar en las ferreterías basándonos en el diseño elegimos una T de 6 pulgadas de este material la cual cuenta con su respectiva tapa rosca la cual nos dará acceso al interior del prototipo en el cual se colocaran los dispositivos de control, utilizamos esta estructura ya que está diseñada para soportar presiones tanto externas como internas ya que al ser sumergido este estará sometido a la presión del líquido en este caso agua además de su resistencia su costo y su facilidad para conseguirlo fueron características para su uso en su estructura estas sujetas por unas platinas metálicas la cuales se les ha dado forma para sujetar los niveladores a la estructura principal en la parte frontal posee una burbuja o domo de acrílico transparente el sección en la cual se colocara la cámara que permitirá obtener imágenes del sector a ser explorado también se instalaran luces para obtener una visión más clara en lugares donde el líquido se torne turbio o en su caso carezca de rayos del sol .



Figura V.1: Tubo PVC

5.2 Niveladores

Para los niveladores ver figura V.2, utilizamos tubería PVC de 4 pulgadas las ya que nos dan las mismas prestaciones anteriores para sellar sus extremos utilizamos tapas de desodorantes que podemos conseguir en cualquier farmacia en esta sección se colocara los lastres para que el submarino pueda tener un hundimiento equilibrado para sellar las partes hemos utilizado las pegas especiales para estos tipos de material ya que van a ser expuestas a la humedad

Y estas deben estar muy bien selladas para que no permitan el ingreso del líquido estos irán sujetos a la estructura principal mediante sujeción a unas platinas dispuestas para el caso.



Figura V.2: Nivelador

5.3 Construcción de las Hélices

Encargar a un tornero que construyera los bocines en metal con entradas para los prisioneros, luego dibujar la pala de la hélice y realice una plantilla con plástico, con una plantilla dibuje la cantidad de palas necesarias sin diferencias si eran para la derecha o para la izquierda, luego tome la tijera de cortar lata y recorte todas las palas como podemos observar en la figura V.3



Figura V.3: Recorte de palas

Una vez que tenía las palas cortadas, junto a todas y con una lima las deje a todas iguales, una vez que tenía mis palas de hélice, comencé a trabajar con los bocines y les hice las ranuras como se ve en le figura V.4.



Figura V.4: Ranuras en los bocines

Clave las palas en las ranuras y las soldé, luego con un llave de pico retorcí desde los extremos a las palas dándoles el ángulo de ataque de las pala, como podemos ver en la figura V.5.



Figura V.5: Angulo de las palas

Los resultados se pueden apreciar observar en la figura V.6 donde podemos ver las hélices terminadas.



Figura V.6: Hélices terminadas

5.4 Ensamblaje de motores y hélices

Utilizamos tubería PVC más delgada para colocar los motores y aislarlos de la humedad ya que al ser elementos eléctricos el contacto con el agua causaría cortocircuito y un eventual daño en estos elementos por lo cual procedemos a su correcto encapsulamiento dejando solamente sobreexpuesto los ejes para en sus extremos colocar las hélices que se encargaran del movimiento y desplazamiento en el agua procedemos sellando los extremos de los motores como se muestra en la figura V.7



Figura V.7: Sellado del motor

Para lo cual utilizamos masilla para autos la cual al endurecerse se fija al material de los motores impidiendo el ingreso de agua a su interior para luego proceder a encapsular los mismos, ver figura V.8, mediante la conexión de los cables de alimentación para su posterior sellado e impermeabilización.



Figura V.8: Encapsulado de motor

Una vez encapsulado los motores procedemos a la colocación de las hélices las cuales están hechas de acero, estas poseen tres palas las cuales nos dan una buena evacuación de agua y

un desplazamiento tanto vertical como hacia delante del prototipo estas fueron realizadas en un torno de metal y sus palas soldadas con suelda eléctrica como se observa en la figura V.9



Figura V.9: Adaptación hélice

Sujetamos las hélices mediante un prisionero la cual nos da la sujeción sobre el eje del motor y de esta forma se encuentra listo para su colocación sobre la estructura principal se deben instalar cuatro soportes para los respectivos motores en este caso cuatro estos son dos para el avance y retrocesos del submarino y su correspondiente giro derecha izquierda y las otras dos para su inmersión.

5.5 Cámara inalámbrica

La cámara se comunica con el grabador de forma inalámbrica en la frecuencia de 2,4 GHz pero tanto uno como otro deber ser alimentado aunque el grabador tiene la posibilidad de hacerlo también mediante baterías, el alcance de la señal inalámbrica es de unos 50m libre de obstáculos. Ver figura V.10

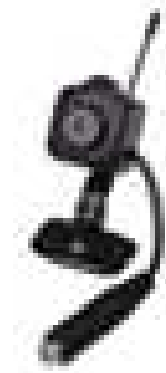


Figura V.10: Cámara inalámbrica

La cámara tiene un sensor CMOS de 1/3" y una lente de 3,6mm (unos 72°) y cuenta además con 8 led de infrarrojos con los que podrá captar imágenes en total oscuridad a una distancia aproximada de 5 metros además de incorporar un micrófono para captar cualquier sonido que se produzca cerca de la cámara.

Este grabador portátil será de gran utilidad ya que no solo puede grabar las imágenes y el sonido de la cámara que trae sino que al contar con una entrada de vídeo le puede conectar cualquier otra cámara que se ajusten más a sus necesidades específicas. También cuenta con una salida de vídeo para poder conectar el grabador a un Tv y así poder ver las imágenes grabadas a mayor tamaño más cómodamente.

5.6 Circuitería interior

Una vez probado su impermeabilidad procedemos a la instalación de los sistemas electrónicos como se muestra en la figura V.11, los sistemas tanto como transmisor y receptor han sido probados independientemente, estos van dispuestos en el interior de la T de PVC para lo cual se han realizado las revisiones anteriores sobre los cables de energía y los módulos de recepción y su protección a imprevistos como lo es la filtración de agua al interior de los mismos.

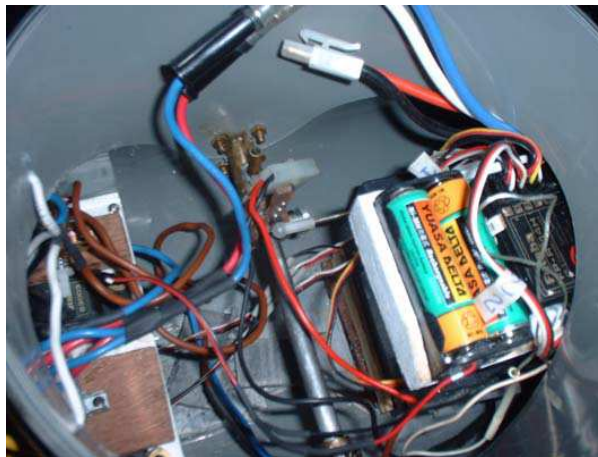


Figura V.11: Cables internos

Ahora observaremos al submarino explorador desde su parte frontal encendido (ver figura V.12) y su parte superior ligeramente cerrado (ver figura V.13).

Una vez ensamblado y cerrado tendremos nuestro prototipo listo para sus pruebas de campo las cuales han pasado con éxito, como se muestra en la figura V.14, una fotografía en un tanque reservorio en el cual se realizaron las pruebas.



Figura V.12: Vista frontal del prototipo



Figura V.13: Vista superior del prototipo



Figura V.14: Submarino en tanque pequeño

RESULTADOS

El prototipo se sometió a diferentes pruebas su desempeño fue normal dentro de las expectativas esperadas como fueron

- ✓ Desplazamiento hacia adelante y retroceso mediante sus propulsores horizontales colocadas a los lados del submarino.
- ✓ Desplazamiento vertical el cual realiza la actividad de sumergir y emerger al submarino mediante los motores dispuestos en sus costados
- ✓ Transmisión de video mediante la cámara inalámbrica colocada en su frente y mediante un receptor no se pudo capturar imágenes por la interferencia que el agua produce en la comunicación razón por la cual se realizó un cableado de la misma .
- ✓ Efectos de la comunicación bajo el agua se corrobora los problemas que se tiene al manipular la radiofrecuencia en medios diferentes al aire.

Después de repetir estas pruebas en diferentes secuencias y en varias oportunidades se confirmó la fiabilidad del prototipo.

CONCLUSIONES

1. Se implementó un prototipo robótico controlado por radiofrecuencia capaz de desplazarse tanto en la superficie del agua como sumergirse en la misma , mediante elementos disponibles en centros ferreteros .
2. Se desarrolló un sistema de propulsión para el prototipo basado en motores los cuales le permiten desplazarse hacia adelante hacia atrás ,así como su desplazamiento hacia la derecha e izquierda y sumergirse y emerger.
3. Se instaló una micro cámara inalámbrica la cual permite captar imágenes cuando el submarino deja la superficie, este elemento es muy importante pues permite tener una visión de lugares en los cuales el hombre no tiene acceso por varios motivos los cuales son captados en un receptor como un televisor .
4. Incentivar a los estudiantes el desarrollo de equipos robóticos para su inclusión en ambientes diferentes del terrestre o lugares hostiles para el hombre, ya que la robótica puede abarcar muchos campos y no solo limitarse a la superficie terrestre .

RECOMENDACIONES

1. Este proyecto constituye un primer paso en nuestra Politécnica con miras en extender el estudio de la robótica en varias aplicaciones.
2. Este sistema constituye un prototipo el cual puede dar pautas a los investigadores para su posterior mejoramiento y actualización con tecnologías actuales y futuras.
3. Para un desarrollo y uso industrial se requerirá ejecutar un conjunto de pruebas para asegurar que el dispositivo funcionara correctamente en diferentes condiciones ambientales
 - Pruebas a temperaturas
 - Duración de las baterías
 - Pruebas resistencia física

RESUMEN

Se diseñó un prototipo de robot submarino controlado por radiofrecuencia para la exploración y recolección de datos visuales en pequeños estanques de agua dulce de difícil acceso.

Se utilizó tubería PVC para la construcción de la estructura externa adecuada en un armazón metálico, los dispositivos de transmisión y recepción de radiofrecuencia que trabajan a una frecuencia de 27 MHz, los cuales controlan los dispositivos que permiten al submarino desplazarse tanto en la superficie como inmerso en agua mediante motores dispuestos en la estructura del submarino los cuales funcionan con un voltaje de 24 voltios a una corriente de 7 amperios, el cual es controlado mediante un control remoto a una distancia determinada por las características del agua y la potencia del transmisor aproximadamente cuatro metros de distancia y tres de profundidad ,además de la inclusión de un sistema de video inalámbrico el cual es independiente del prototipo y le permite obtener datos que pueden ser grabados y servir para el posterior análisis por parte de la persona que opera el sistema .

Se obtuvo un robot capaz de desplazarse debajo del agua con gran maniobrabilidad , los resultados obtenidos son satisfactorios, el prototipo fue probado en piscinas semiolímpica y presentó una funcionalidad del 95% con limitaciones considerables en la transmisión del video por características de la transmisión radio frecuente bajo el agua ,este prototipo permitirá usar tecnologías actuales dando flexibilidad para futuras modificaciones o actualizaciones en los sistemas de control por radiofrecuencia y transmisión de video.

SUMMARY

We designed a prototype radio-controlled robot submarine for exploration and visual data collection in small freshwater ponds inaccessible.

PVC pipe was used for the construction of appropriate external structure in a metal frame, the devices transmit and receive radio working at a frequency of 27 MHz, which control devices that allow the submarine to move both the surface and immersed in water by other arranged in the structure of the submarine, which operate with a voltage of 24 volts at a current of 7 amps, which is controlled by a remote control at a distance determined by the characteristics of water and about four transmitter power feet away and three deep, as well as the inclusion of a wireless video system which is independent of the prototype and it provides data that can be saved and used for subsequent analysis by the person operating the system.

We obtained a robot capable of traveling under water with great maneuverability, the results are satisfactory, the prototype was tested and showed a semi-Olympic swimming pools, 95% functionality with significant limitations in the transmission of video and radio transmission characteristics in common water, this prototype will use current technologies providing flexibility for future changes or updates to radio control systems and video transmission.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

Angulo Usategui P. Robótica Practica: Tecnología y Aplicaciones. Cuarta edición Mallorca, Paraninfo, 2007. 300 p.

Kuoshiman H. Sistemas de control Automático.primera edición. México DF Prentice Hall. 2005 400 p.

TocciMendez J. Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones. Sexta edición.México, Prentice Hall. 2004 245-260 p.

Wolfram Stadler P.Analytical Robotics and Mechanitronic.Primera edicion. Singapur Mcgraw Hill. 2006 300 p.

Barrientos, Peñin, Balaguer S. Fundamentos de Robótica. Segunda edición. España Mcgraw Hill. 2007. 200 p.

Groover, Weiss, Nagel F. Robótica Industrial Tecnología, Programación y Aplicaciones. México Tijuana. McGraw Hill. 2006. 280 p

Melexis.Microelectronic Integrated Systems.Applications and Databook .primeraedicionEspaña. Alfa. 2004. 300 p

Bibliografía Internet

Diseño de robots moviles:

<http://roble.cnice.mecd.es/~jsaa0039/cucabot/>

diseño de proyectos con microcontroladores

<http://www.todomicrostamp.com/quintana.php>

esquema circuito impreso, elección de los componentes, construcción en el taller del circuito impreso.

<http://www.sebyc.com/reess/index.htm>

cómo construir robots (estructuras, transmisiones y neumática)

http://www.euskalnet.net/kolaskoaga/lehenak/loturak_c.htm

Control automatizado y Robótica”

http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/index.htm

Habla de la Robótica partiendo de que un sistema automático en general

<http://guindo.pntic.mec.es/crangil/robotica.htm>