

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



**FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA**

**SISTEMA ALTERNATIVO PARA
LA LOCALIZACIÓN DE CARDÚMENES**

Tesis, que como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ingeniería,
presenta:

GUMERCINDO BARRAZA MEJÍA

DIRECTOR

DR. JOSÉ DE JESÚS ZAMARRIPA TOPETE

Ensenada, Baja California, México. Abril del 2003

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

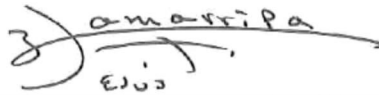
FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA

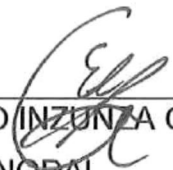
SISTEMA ALTERNATIVO PARA
LA LOCALIZACIÓN DE CARDÚMENES

Tesis, que como requisito parcial para obtener el grado de Maestría en Ingeniería,
presenta:

GUMERCINDO BARRAZA MEJÍA



DR. JOSÉ DE JESÚS ZAMARRIPA TOPETE
DIRECTOR DE TESIS



MC. EVERARDO INZUNZA GONZÁLEZ
SINODAL



MC. CARLOS GÓMEZ AGIS
SINODAL

Ensenada, Baja California, México. Abril del 2003

ÍNDICE

Dedicatoria.	I
Agradecimientos.	II
Resumen.	IV
Resumen en inglés (abstract).	VI
Lista de figuras.	VIII
Lista de tablas.	XI
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.	1
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Planteamiento del problema.	3
1.3 Supuesto.	6
1.4 Objetivos.	6
1.5 Importancia del estudio.	6
1.6 Limitación del estudio.	7
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA.	8
2.1 Ondas sonoras.	8
2.2 Ondas hidroacústicas.	8
2.3 Ecosonda.	9
2.4 Sonar.	13
CAPÍTULO III PROCEDIMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.	17
3.1 Diseño del conmutador electrónico.	18
3.2 Selección de los relevadores para el conmutador.	19
3.3 Diseño y elaboración de la carcasa del conmutador.	20

3.4	Elaboración de la tablilla con circuito impreso del conmutador.	21
3.5	Construcción del conmutador electrónico.	22
3.6	Implementación y prueba del SALC.	22
3.7	Instalación del SALC en una embarcación pesquera.	26
3.8	Pruebas de sondeo con el SALC básico.	27
3.9	Realización de ajustes al SALC básico para obtener el sistema final.	28
CAPÍTULO IV RESULTADOS.		30
4.1.1	Descripción general del funcionamiento del SALC.	31
4.1.2	Descripción del diagrama de bloques del SALC.	34
4.2	Instalación del SALC en una embarcación pesquera.	37
4.3	Comparación de los sistemas de ecosondeo.	38
4.4	Imágenes de los sondeos realizados con el SALC en el muelle de Ensenada y en la bahía de Todos Santos.	39
CAPÍTULO V DISCUSIÓN.		47
5.1	Conclusiones.	47
5.2	Recomendaciones.	49
APÉNDICE A DIAGRAMAS Y PROGRAMA DEL SALC.		51
A.1	Descripción del circuito electrónico del SALC.	51
A.1.1	Fuente de alimentación.	51
A.1.2	Acondicionador de señal.	52
A.1.3	Unidad principal.	52
A.1.4	Actuadores de los transductores y transductores.	54
A.2	Circuitos impresos.	58

A.3	Descripción general del programa para controlar el conmutador electrónico de transductores del SALC.	59
A.4	Programa en lenguaje ensamblador para el control del conmutador electrónico de transductores del SALC.	63
APÉNDICE B VOLÚMENES DE COBERTURA DE LOS SISTEMAS DE ECOSONDEO.		68
B.1	Volumen de cobertura de la videosonda.	68
B.2	Volumen de cobertura del SALC.	69
B.3	Volumen de cobertura del sonar.	70
APÉNDICE C. FORMATOS PARA LOS SONDEOS.		72
APÉNDICE D. ESQUEMAS DE LA CARCASA DEL SALC.		76
APÉNDICE E. PROPIEDADES DE LAS ONDAS HIDROACÚSTICAS.		79
E.1	Reflexión.	79
E.2	Refracción.	80
E.3	Difracción.	81
E.4	Interferencia.	81
E.4.1	Interferencia constructiva.	82
E.4.2	Interferencia destructiva.	83
APÉNDICE F. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.		84
BIBLIOGRAFÍA.		87

Dedico este trabajo de tesis en memoria mis abuelos y bisabuelos.

Esteban

Manuela

Alejandro

Teresa

Antonio

Alejandra

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco al Dr. José de Jesús Zamarripa Topete su apoyo en la dirección del presente documento de tesis. A su motivación y orientación para seguir un camino adecuado para la conclusión del trabajo de tesis.

Al M.C. Everardo Inzunza González y al M.C. Carlos Gómez Agis asesores de la tesis por sus acertados comentarios para obtener un documento de mayor calidad.

Al Dr. Leonardo Acho Zuppa por sus valiosos comentarios al documento de tesis, por su excelente instrucción académica y su decidida vocación en apoyar el desarrollo de sus estudiantes.

De la misma manera, agradezco al M.C. Luis Ángel Niño Contreras por su valiosa orientación en la redacción del documento de tesis, así como para obtener los resultados del trabajo de tesis.

Al Ing. Héctor Villalobos Juárez por su apoyo en la definición de las funciones y características del SALC. Así como la orientación para definir las pruebas de los muestreos del espacio marino.

Así mismo, agradezco a la tripulación de la embarcación del CETMAR #11 Tec. Martín Ortega Moreno y Luis Enrique Ayon Ramírez por su valiosa ayuda en la realización de las pruebas de sondeo.

A mis compañeros de la maestría Ing. Jesús Benítez, Ing. Eliseo Estudillo Zamora, Ing. Fernando Quiroz e Ing. Jesús Velásquez por sus comentarios al documento de tesis y su valiosa ayuda en la utilización de las nuevas herramientas electrónicas.

Igualmente, agradezco a mi hermano Cesar Barraza Mejía y al Tec. Juan Carlos López Cisneros por su valioso apoyo en la facilitación de la videosonda y los transductores para realizar el proyecto. Así como su apoyo en las pruebas de sondeo marino y sus comentarios sobre otras aplicaciones del sistema.


Al director Ing. Héctor Rivadeneyra Marín, al exdirector Lic. Martín Alfredo Jiménez Becerra y al subdirector Luis Humberto Reyes Gómez todos ellos del Centro de Estudios Tecnológicos del Mar #11 por su valioso apoyo en facilitar la embarcación y la videosonda de la citada institución. Así como las comisiones para la tripulación de la embarcación para realizar las pruebas del sondeo marino.

Finalmente, agradezco a mis padres y hermanos por su valioso apoyo y motivación para concluir este trabajo.

RESUMEN

Sistema alternativo para la localización de cardúmenes.

Aprobado por:



Dr. José de Jesús Zamarripa Topete

Director de tesis

El desarrollo de un nuevo sistema para la localización de cardúmenes apoyará las labores de pesca, constituyendo una alternativa con respecto a la videosonda y el sonar, que son los sistemas empleados en la actualidad para buscar cardúmenes.

El sistema desarrollado puede localizar cardúmenes alrededor de una embarcación pesquera empleando tres transductores hidroacústicos, ubicados estratégicamente en ella, como se muestra en las figuras 3 y 4. Debido a esto, el sistema tendrá mayores ventajas para localizar cardúmenes que una videosonda. Por la utilización de tres transductores, en lugar de uno como es el caso de la videosonda, el SALC puede explorar mayores volúmenes en el espacio marino, lo cual aumenta las posibilidades de localizar cardúmenes.

Por otra parte, el sistema propuesto es más económico que un sonar, por la eliminación de las costosas partes mecánicas y electrónicas que gobiernan a un transductor hidroacústico giratorio, en lugar de ello, se utiliza un conmutador electrónico para controlar los tres transductores que emplea el nuevo sistema.

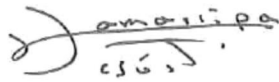
Pero cabe hacer notar que el sonar tiene mayor capacidad para localizar cardúmenes, porque este los puede localizar alrededor de los 360° de una embarcación.

Se realizaron pruebas de sondeo para determinar el alcance horizontal del sistema en el muelle de Ensenada B.C., lográndose detectarlo en distancias hasta de 100 metros. Se realizaron también pruebas para evaluar las pérdidas que el conmutador de transductores introduce a las señales de Tx/Rx, observándose pérdidas en la transmisión del 3.4% y en la recepción del 4.4%.

ABSTRACT

Alternative system for the localization of shoals

Approved by:



The image shows a handwritten signature in black ink. The signature is written in a cursive style and appears to read 'José de Jesús Zamarripa Topete'. Below the signature, there are some faint, illegible markings that could be initials or a date.

Dr. José de Jesús Zamarripa Topete

Director of thesis

The development of a new system for the shoals localization will support the fishing works, constituting an alternative with regard to the video sounder and the sonar that are the systems used at the present time to look for shoals.

The developed system can locate shoals around a fishing craft using three transducers hidroacoustics, located strategically in it, like it is shown in the figures 3 and 4. Due to this, the system will have bigger advantages to locate shoals that a video sounder. For the use of three transducers, instead of one like it is the case of the video sounder, the SALC can explore bigger volumes in the marine space, that which increases the possibilities to locate shoals.

On the other hand, the proposed system is more economic than a sonar, for the elimination of the expensive mechanical and electronic parts that govern to a rotary hidroacoustics transducer, instead of it, an electronic switch is used to control the three transducers that it uses the new system. But it is necessary to make notice

that the sonar has bigger capacity to locate cardúmenes, because this it can locate them around the 360° of a craft.

They were carried out poll tests to determine the horizontal reach of the system in the jetty of Ensenada B.C., achieving to detect it in distances until of 100 meters. They were also carried out tests to evaluate the losses that the switch of transducers introduces to the signs of Tx/Rx, being observed losses in the transmission of 3.4% and in the reception of 4.4%.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Ecosonda.	3
FIGURA 2. Sonar.	3
FIGURA 3. Vista lateral del sondeo con el sistema alternativo para localizar cardúmenes.	5
FIGURA 4. Vista superior del sondeo con el sistema alternativo para localizar cardúmenes.	5
FIGURA 5. Imagen del espacio marino producida por una videosonda.	11
FIGURA 6. Esquema general del funcionamiento de una videosonda.	12
FIGURA 7. Distancia entre una embarcación y el fondo marino.	12
FIGURA 8. Exploración del espacio marino con un sonar.	14
FIGURA 9. Esquema general del funcionamiento del sonar.	15
FIGURA 10. Conexión de los transductores al conmutador.	24
FIGURA 11. Conexión entre la videosonda, el conmutador y la fuente de alimentación.	25
FIGURA 12. Instalación del SALC en una embarcación de pesca ribereña.	28
FIGURA 13. Esquema general del SALC.	31
FIGURA 14. Señales de la videosonda y del conmutador.	32
FIGURA 15. Diagrama de bloques del funcionamiento general del SALC.	35
FIGURA 16. Vista lateral de la instalación del SALC en una embarcación.	37

FIGURA 17. Vista frontal de la instalación del SALC en una embarcación.	38
FIGURA 18. Imagen de un cardumen localizado en la bahía de Todos Santos.	40
FIGURA 19. Imagen de la distancia entre una embarcación y el muelle.	41
FIGURA 20. Imagen de la distancia entre una embarcación y el muelle.	42
FIGURA 21. Imagen que muestra el tiempo de exploración de los transductores en 20 segundos.	43
FIGURA 22. Imagen que muestra el tiempo de exploración de los transductores en 10 segundos.	44
FIGURA 23. Imagen del fondo marino para evaluar las pérdidas de la señal de recepción sin el conmutador.	45
FIGURA 24. Imagen del fondo marino para evaluar las pérdidas de la señal de recepción con el conmutador.	46
FIGURA 25. Fuente de alimentación y acondicionamiento de señal.	55
FIGURA 26. Unidad principal.	56
FIGURA 27. Actuadores de los transductores y transductores.	59
FIGURA 28. Máscara de componentes del circuito impreso del SALC.	58
FIGURA 29. Máscara de soldaduras del circuito impreso del SALC.	58
FIGURA 30. Diagrama de flujo del programa del conmutador de transductores.	62
FIGURA 31. Volumen de cobertura de una videosonda.	68
FIGURA 32. Volumen de cobertura del sonar.	70
FIGURA 33. Vista superior de la carcasa del SALC.	76

FIGURA 34. Vista trasera de la carcasa del SALC.	77
FIGURA 35. Vista frontal de la carcasa del SALC.	77
FIGURA 36. Vista inferior de la carcasa del SALC.	78
FIGURA 37. Vistas laterales de la carcasa del SALC.	78
FIGURA 38. Esquema de reflexión.	80
FIGURA 39. Esquema de refracción.	80
FIGURA 40. Esquema de difracción.	81
FIGURA 41. Esquema de interferencia constructiva.	82
FIGURA 42. Esquema de interferencia destructiva.	83

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Volumen y valor de la captura pesquera en el municipio de Ensenada entre los años del 1998 al 2001.	2
TABLA 2. Sistemas de sondeo del espacio marino.	3
TABLA 3. Intervalos de frecuencias de las ondas sonoras.	9
TABLA 4. Circuitos electrónicos analógicos y digitales del conmutador electrónico.	19
TABLA 5. Tiempos de exploración de los transductores.	33
TABLA 6. Comparación entre los sistemas de ecosondeo.	39
TABLA 7. Parámetros fijados al SALC para obtener las imágenes que muestran la localización de cardúmenes en la bahía de Todos Santos y de la distancia entra una embarcación y el muelle.	73
TABLA 8. Parámetros fijados al SALC para obtener las imágenes que muestran los tiempos de exploración de los transductores.	74
TABLA 9. Parámetros fijados al SALC para obtener las imágenes que muestran las pérdidas de señal de recepción a través del conmutador.	75

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES.

La ciudad y puerto de Ensenada se localiza en el estado de Baja California en el noroeste de México. La ciudad cuenta con una gran diversidad económica, en la que se destacan las actividades de carga y descarga de mercancías, captura y procesamiento de productos marinos, actividades turísticas, procesamiento de vinos, fabricación de envases, fabricación de cemento y ensamble de diversos productos, entre otros.

Ensenada también es un lugar donde se desarrolla la investigación científica y la educación superior con gran calidad y diversidad. Las investigaciones se llevan a cabo en áreas tales como oceanología, electrónica, telecomunicaciones, óptica, astronomía, etc. Las instituciones donde se realizan las actividades mencionadas son: el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), entre otras.

Una de las principales actividades del puerto de Ensenada es la captura de especies marinas, tales como: atún, sardina, anchoveta, macarela, langosta, sargazo, entre otras. Debido a esta actividad, es importante desarrollar sistemas y

técnicas que ayuden a la realización de las labores de captura, con mayor eficiencia y a un menor costo.

La tabla 1, cortesía de la Delegación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en el estado de Baja California; Subdelegación de Pesca en Ensenada, muestra la importancia que tiene la actividad pesquera en el municipio de Ensenada, donde se observan los volúmenes y valores de captura de algunas de las especies marinas más significativas entre los años del 1998 al 2001.

TABLA 1. Volumen y valor de la captura pesquera en el municipio de Ensenada entre los años del 1998 al 2001.

Especie	Volumen (toneladas)				Valor (pesos)			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
Sardina	65,510	58,757	67,845	46,071	38,109,600	51,407,755	46,949,869	34,536,944
Macarela	32,118	12,142	10,676	1,153	19,270,980	6,561,904	6,291,385	682,344
Bonito	259	959	281	0	2,333,700	9,345,170	1,234,404	0
Anchoveta	605	3,742	1,801	334	363,000	1,461,153	795,131	103,362
Jurel	174	54	51	73	1,187,743	572,335	532,877	560,451
Atún	22,305	19,359	13,700	10,919	200,746,800	174,231,000	137,000,000	89,578,158

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad, para realizar las labores de localización de cardúmenes se utilizan dos sistemas de ecosondeo, los cuales son la ecosonda y el sonar [Mitson, 1983]. En la tabla 2 y las figuras 1 y 2 se observan las ventajas que tienen para localizar cardúmenes y el costo aproximado de los sistemas mencionados.

TABLA 2. Sistemas de sondeo del espacio marino.

Sistema	Ventajas para localizar cardúmenes	Costos (pesos)
Ecosonda	Menor	10,000.00
Sonar	Mayor	100,000.00

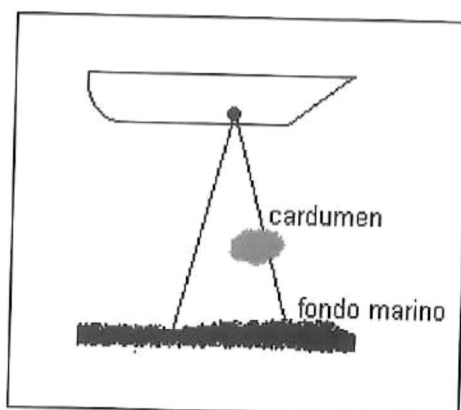


Figura 1. Ecosonda.

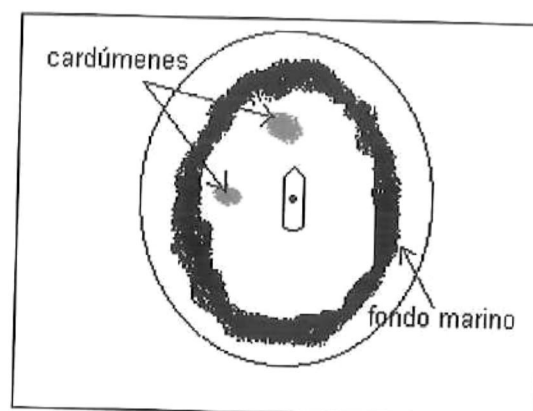


Figura 2. Sonar.

Como se observa en las figuras 1 y 2 y en la tabla 2, la ecosonda es un sistema relativamente económico, pero solo localiza cardúmenes debajo de una embarcación; en cambio, el sonar tiene más ventajas para localizar cardúmenes, debido a que puede sondear alrededor de una embarcación; sin embargo, tiene un costo elevado.

La consideración efectuada acerca de las ventajas y desventajas que presentan los sistemas de localización de cardúmenes antes descritos, permiten plantear el siguiente problema: ¿ Es posible diseñar un sistema alternativo que se oriente a superar las desventajas que presentan la ecosonda y el sonar ? Es decir, ¿ Puede desarrollarse un sistema con mayor capacidad para localizar peces que la ecosonda a un costo menor que el sonar ?

De manera más específica, tal sistema alternativo de sondeo debería cumplir con las siguientes características:

- Localizar cardúmenes en tres zonas alrededor de una embarcación, como se muestra en las figuras 3 y 4.
- El costo no debe superar los 25,000.00 pesos. En caso contrario, a medida que se incremente tal cantidad resultarán más obvias las ventajas del sonar.
- Operación automática y manual del sistema.
- Indicar por medio de una lámpara cada una de las tres zonas de sondeo mencionadas.

- Tener un selector que permita cambiar el tiempo de exploración en las zonas de sondeo.

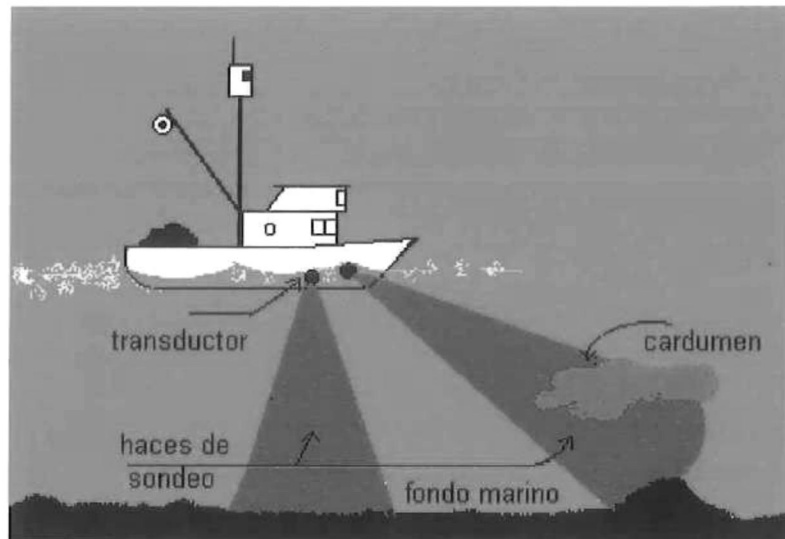


Figura 3. Vista lateral del sondeo con el sistema alternativo para localizar cardúmenes.

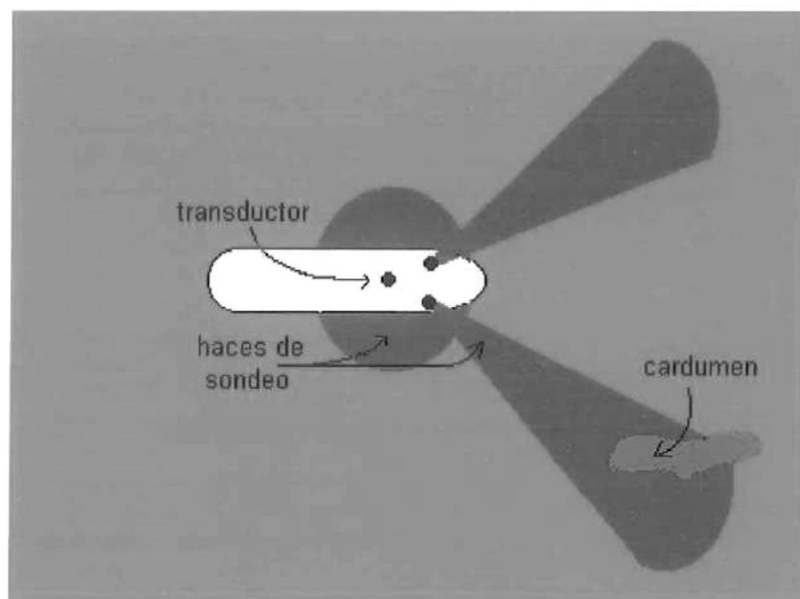


Figura 4. Vista superior del sondeo con el sistema alternativo para localizar cardúmenes.

1.3 SUPUESTO.

Se podrá diseñar y construir un sistema, que se conocerá con el nombre de Sistema Alternativo para la Localización de Cardúmenes (SALC), que permitirá conmutar tres transductores hidroacústicos de manera automática y manual, con lo cual se incrementará el rango de exploración en la localización de cardúmenes respecto a la capacidad de la ecosonda y será una alternativa económica viable respecto al sonar.

1.4 OBJETIVOS.

Se:

- Diseñará y construirá un conmutador electrónico, el cual se conectará con una videosonda y tres transductores hidroacústicos para formar el SALC.
- Instalará el SALC en una embarcación pesquera.
- Realizarán pruebas de sondeo con el SALC para determinar su cobertura

1.5 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO.

El sistema que se propone en este estudio, representa la creación de un nuevo instrumento de sondeo marino, el cual proporciona una alternativa adicional a las ya existentes para apoyar las labores de pesca. El SALC, sustituirá las costosas partes mecánicas de un sonar por un conmutador eléctrico que gobernará a tres transductores hidroacústicos, con lo cual se podrá reducir el costo de inversión en un sistema de sondeo marino.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Se presenta información sobre las bases teóricas y tecnológicas que apoyará la realización del sistema alternativo para localizar cardúmenes, donde se tratan temas relacionados con las ondas sonoras, las ecosondas y los sonares.

2.1 ONDAS SONORAS.

Los fenómenos sonoros están relacionados con las vibraciones de los cuerpos materiales. Por ejemplo, el sonido emitido por la vibración de nuestras cuerdas vocales, se propaga a través del medio ambiente para ser recibido por otra persona [Muñoz,1991].

Se entiende que el fenómeno de las ondas sonoras mencionado anteriormente, debe ser válido para todas las ondas sónicas, las cuales corresponden a las ondas sónicas, infrasónicas y ultrasónicas. La tabla 3, muestra los intervalos de frecuencias de las ondas sónicas.

2.2 ONDAS HIDROACÚSTICAS.

Las ondas sonoras que se propagan en un medio acuático son llamadas hidroacústicas. Al igual que en el caso de otros tipos de onda, las hidroacústicas presentan ciertas propiedades, tales como, reflexión, difracción, refracción,

interferencia constructiva y destructiva. Estas propiedades se describen en el apéndice E.

TABLA 3. Intervalos de frecuencias de las ondas sonoras.

Frecuencia	Sonidos
Menos de 20 Hz	Infrasonidos
20 a 20 000 Hz	Sonidos audibles (hombre)
Más de 20 000 Hz	Ultrasonidos

2.3 ECOSONDA.

Una ecosonda es un sonar de exploración vertical unidireccional, con un transductor hidroacústico fijo. Este equipo es uno de los sistemas más utilizados en un barco para realizar las labores de pesca y navegación. Entre otras posibilidades, tiene la capacidad de medir la profundidad y el tipo de fondo marino, detectar barcos hundidos, así como localizar cardúmenes debajo de una embarcación y medir su tamaño relativo.

Existen diversos tipos de ecosonda, pero las más comunes incluyen a las que vienen con presentación en TRC, LCD y papel, que tienen la capacidad de tener memoria temporal o permanente, lo cual ayuda a examinar los cardúmenes.

También existen otros equipos para localizar cardúmenes, como son los sonares de transductor giratorio, los sonares con multitransductores y los sonares con arreglo de transductores giratorios, entre otros. Estos sistemas tienen más ventajas para localizar cardúmenes que una ecosonda, debido a que pueden detectar peces alrededor de la embarcación.

Los datos que proporciona la ecosonda son una valiosa información para un patrón o un técnico de pesca, ya que le ayudan a tomar decisiones tales como realizar un lance sabiendo que la profundidad del cardumen está dentro de la cobertura del arte de pesca, que el tamaño del cardumen es conveniente y que el tipo de fondo marino no pone en peligro el arte de pesca, entre otras posibilidades. La figura 5, muestra una imagen producida por una videosonda, donde se observan las imágenes del fondo marino y de algunos cardúmenes.

El funcionamiento de la videosonda consiste en producir un pulso ultrasónico, el cual es lanzado al espacio marino a través de un transductor hidroacústico ubicado en el fondo del casco de las embarcaciones. El haz ultrasónico rebota en algún objeto (fondo marino, barco hundido, cardumen, entre otros), regresa al transductor, y es enviado a la videosonda para su presentación, la figura 6 ilustra este proceso.

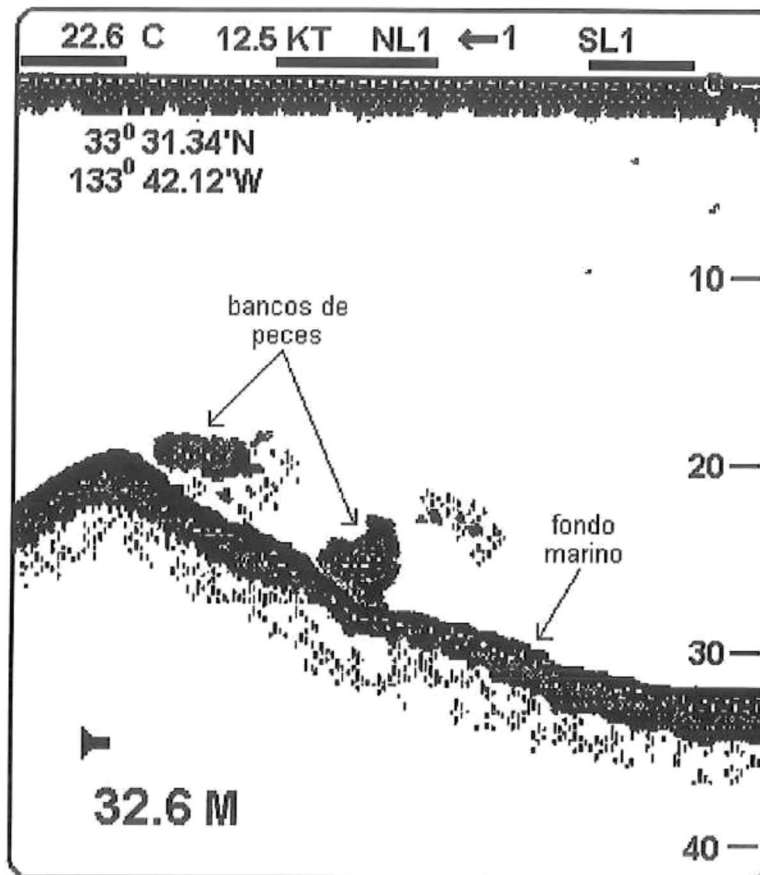


FIGURA 5. Imagen del espacio marino producida por una videosonda.

El principio básico de la ecodetección es la medida del tiempo que transcurre entre el ir y regresar de la onda hidroacústica. Sobre esta base se puede calcular la distancia (profundidad) entre la embarcación y algún objeto en el espacio marino, como se ilustra en la figura 7.

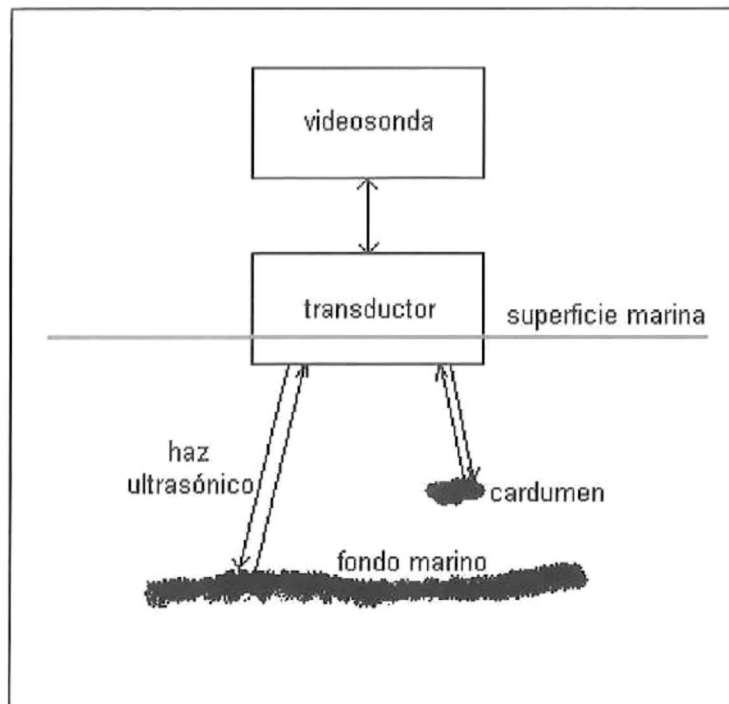


FIGURA 6. Esquema general del funcionamiento de una videosonda.

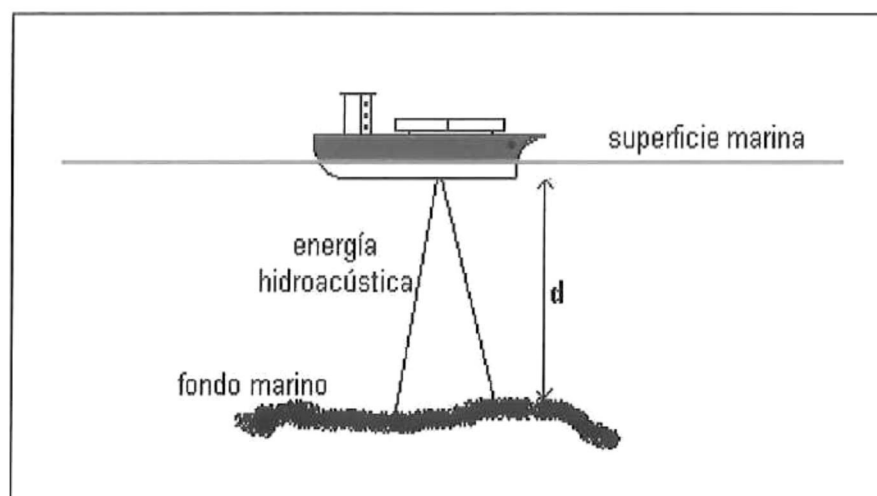


FIGURA 7. Distancia entre una embarcación y el fondo marino.

El cálculo de la distancia entre la superficie marina y algún objeto en el espacio marino se realiza a través de la expresión (1).

$$d = \frac{V \cdot t}{2} \quad \text{metros} \quad (1)$$

donde : d = Distancia entre el barco y el objeto detectado (metros).

t = Tiempo que transcurre en ir y venir la energía hidroacústica (segundos).

V = Velocidad de propagación de la energía hidroacústica en el agua de mar (1,532.8 m / S).

2.4 SONAR.

Es un equipo hidroacústico, que tiene la capacidad de localizar cardúmenes alrededor de una embarcación pesquera y medir la profundidad del fondo marino, entre otras aplicaciones.

En la actualidad, el sonar es uno de los equipos más ventajosos para la localización de cardúmenes, debido a su capacidad de localizarlos alrededor y debajo de un barco pesquero. A diferencia de la ecosonda, que solo los localiza debajo. La figura 8, muestra cómo el sonar busca peces alrededor de una embarcación pesquera. Por su versatilidad, este sistema ayuda a aumentar los volúmenes de captura en un corto tiempo, razón por la cual, es uno de los equipos

más utilizados en los barcos que pescan sardina, macarela, atún, entre otras especies marinas.

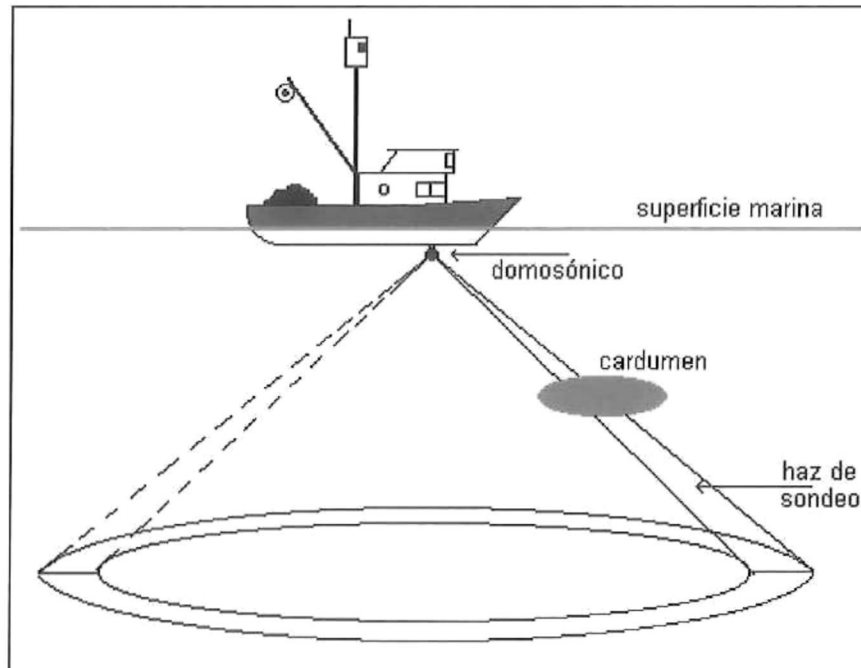


FIGURA 8. Exploración del espacio marino con un sonar.

Existen diversos tipos de sonar, tales como los que utilizan un transductor giratorio, de multitransductores y de arreglo de transductores giratorios.

El funcionamiento del sonar es similar al de la ecosonda, como se observa en la figura 9, esto es, se produce un pulso ultrasónico en la unidad principal, el cual es enviado a un transmisor para ser amplificado y posteriormente ser transmitido al espacio marino a través de un transductor hidroacústico, que puede ser rotado para explorar alrededor de los 360°. Normalmente el transductor gira orientado a

0° con respecto a la superficie del mar, aunque también puede inclinarse desde los 0° hasta 90°.

Una vez que el haz ultrasónico se transmite al espacio marino y se refleja en algún objeto, éste se recolecta por el transductor y es enviado al receptor para su amplificación, después la señal de eco es enviada a una pantalla para su presentación, por otra parte el nivel de la señal recibida activa a un amplificador de audio para posteriormente escuchar la intensidad del eco recibido en un altavoz.

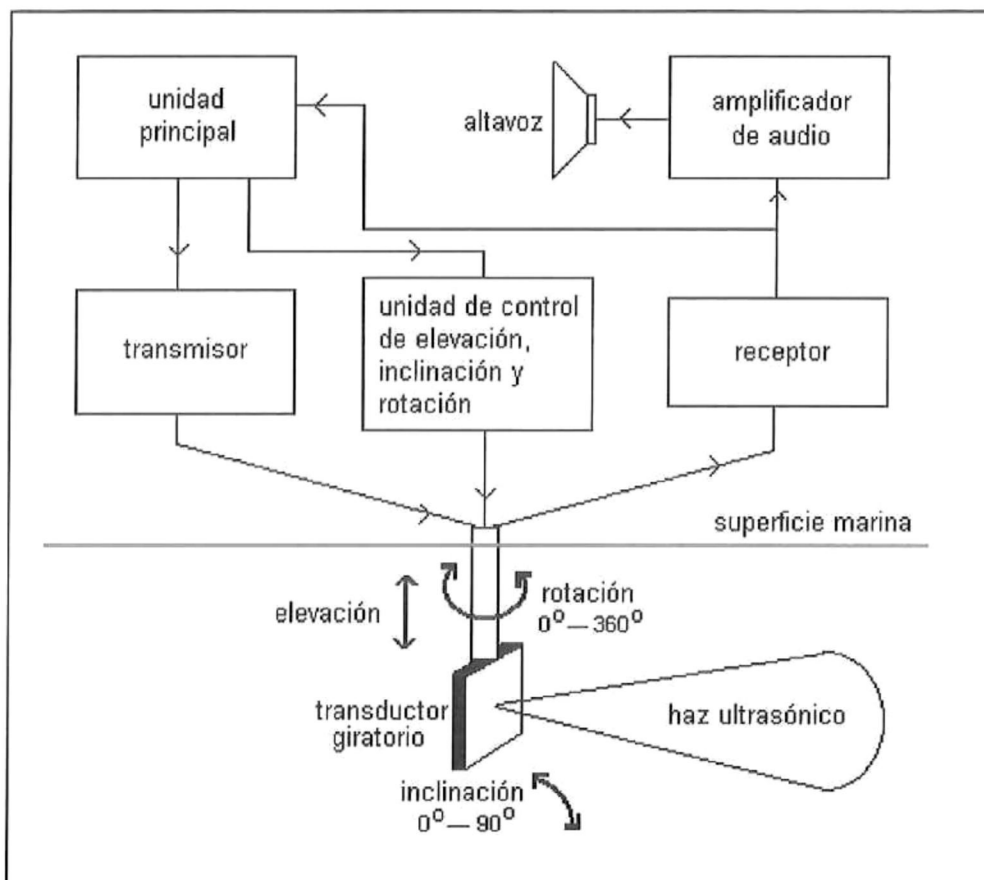


FIGURA 9. Esquema general del funcionamiento del sonar.

El sonar, también cuenta con un mecanismo para bajar y subir la unidad o subsistema del transductor (conocido como domosónico), para cuando se esté utilizando el sistema bajar la unidad, de tal manera que el domosónico quede fuera del casco de la embarcación, para realizar el trabajo de exploración del espacio marino. Y cuando se deja de utilizar subirla, con lo cual el domosónico queda dentro del casco de la embarcación protegiéndose del desgaste y de colisiones con objetos que se encuentren en el espacio marino, principalmente en los muelles o en lugares bajos de profundidad.

CAPÍTULO III

PROCEDIMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para diseñar, construir e instalar el SALC en una embarcación pesquera, así como para realizar las pruebas de sondeo con el propósito de determinar la cobertura del sistema se seguirán los siguientes procedimientos.

- Diseñar el conmutador electrónico de los transductores.
- Seleccionar los relevadores del conmutador electrónico que se utilizaran para conmutar la señal de transmisión de la videosonda.
- Diseñar y elaborar la carcasa del conmutador electrónico.
- Elaborar una tablilla con circuito impreso para montar los componentes electrónicos del conmutador.
- Construir el conmutador electrónico.
- Implementar y probar el funcionamiento del SALC.
- Instalar el SALC en una embarcación pesquera.
- Realizar pruebas de sondeo con el SALC.
- Realizar los ajustes necesarios al SALC básico hasta obtener el sistema final.

Tales procedimientos se describen con detalle a continuación:

3.1 DISEÑO DEL CONMUTADOR ELECTRÓNICO.

El procedimiento para diseñar el conmutador electrónico que enlazará una videosonda con tres transductores hidroacústicos, debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Localizar cardúmenes en tres zonas alrededor de una embarcación, como se muestra en las figuras 3 y 4.
- Operar en forma automática y manual.
- Indicar por medio de una lámpara cada una de las tres zonas de sondeo mencionadas.
- Tener un selector que permita variar el tiempo de exploración en las zonas de sondeo.
- Operar con las videosondas con potencia de transmisión de 150 W y frecuencia de operación de 200 KHz.
- Alimentación de 12 VDC.

La secuencia de operaciones necesaria para diseñar el conmutador electrónico de transductores es la que se muestra a continuación:

1. Elaborar un diagrama de bloques que contenga las funciones que realiza el conmutador.
2. Diseñar los circuitos que realicen las funciones representadas en el diagrama de bloques. Estos circuitos se muestran en la tabla 4.

3. Armar los circuitos diseñados en una tablilla para intercambiar componentes, con la finalidad de probar su funcionamiento.
4. Realizar un diagrama electrónico completo del conmutador en el programa de computación ORCAD capture para windows.
5. Conectar cada uno de los circuitos diseñados en una tablilla para interconectar componentes a fin de obtener el sistema completo del conmutador.
6. Probar el funcionamiento del sistema del conmutador.
7. Realizar los ajustes necesarios al diseño para lograr la óptima operación del sistema del conmutador.

TABLA 4. Circuitos electrónicos analógicos y digitales del conmutador electrónico.

Circuitos analógicos	Circuitos digitales
<ul style="list-style-type: none"> • Divisor de voltaje • Eliminador de interferencia • Circuito de retardo • Protector de inversión de polaridad de la fuente de alimentación • Regulador de voltaje. • Amplificador de C.D. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interruptor electrónico • Circuitos con compuertas lógicas • Microcomputadora • Microcontrolador • Memoria EPROM • Amarrador lógico (latch)

3.2 SELECCIÓN DE RELEVADORES PARA EL CONMUTADOR.

Para seleccionar el relevador que se utilizará como actuador de los transductores en el conmutador electrónico de transductores, se deben buscar en manuales y

catálogos de componentes electrónicos, aquellos que cuenten con las siguientes características:

- Velocidad de activación y desactivación menor de 25 mS.
- Voltaje de bloqueo a través de los contactos abiertos mayor de 1000 Vrms.
- Corriente a través de los contactos mayor de 5 A.
- Arreglo de los contactos DPDT.
- Voltaje de activación de la bobina de 12 V_{DC}.
- Montables en bases.
- Tiempo de vida 50 millones de operaciones.

Aunque existen varios relevadores que cumplen con las características mencionadas, se seleccionó el relevador NTE R14-11D10-12P porque cumple con todas ellas y también es el de menor costo.

3.3 DISEÑO Y ELABORACIÓN DE LA CARCASA DEL CONMUTADOR.

Para diseñar y construir la carcasa del conmutador se partirá de las siguientes especificaciones:

- Las dimensiones de la carcasa deben ser de 9 pulgadas de largo, 6 ½ pulgadas de ancho y 4 ½ pulgadas de alto.
- Se debe evitar que la carcasa tenga orificios de ventilación para proteger a la circuitería interna de la corrosión del medio ambiente marino.

Primeramente, se debe elaborar un dibujo en computadora personal de la carcasa, que especifique la ubicación y tamaño de los orificios, donde se instalaran los conectores, interruptores, fusible, entre otros elementos. En las figuras de la 33 a la 37 del apéndice D, se muestran las vistas de la carcasa, donde se observan los citados orificios.

Seguidamente, se marcan las ubicaciones de los orificios sobre la carcasa, para posteriormente, realizarlos con los tamaños especificados.

3.4 ELABORACIÓN DE LA TABLILLA CON CIRCUITO IMPRESO.

Para realizar la tablilla con circuito impreso del conmutador electrónico se utilizó los programas de computación ORCAD capture y layout para windows.

La secuencia de operaciones para llevar a cabo el proceso de la elaboración de la tablilla con circuito impreso es la siguiente:

1. Dibujar los circuitos electrónicos del conmutador en el programa ORCAD capture para windows.
2. Crear la lista de partes electrónicas del circuito del conmutador.
3. Elaborar el dibujo de las pistas (conductores de interconexión de componentes) en el programa ORCAD layout para windows para crear el circuito impreso del circuito del conmutador.
4. Imprimir el dibujo del circuito impreso del conmutador.

5. Finalmente, se realizó la tablilla con circuito impreso en forma física en el CICESE.

3.5 CONSTRUCCIÓN DEL CONMUTADOR ELECTRÓNICO.

Para realizar el procedimiento de la construcción del conmutador electrónico es necesario conocer las protecciones eléctricas y ambientales que utilizan los equipos electrónicos marinos, así como conocer el funcionamiento de los equipos electrónicos marinos [Furuno, 1992 y 1989].

La secuencia de operaciones para realizar el procedimiento de construcción del conmutador electrónico es la que se muestra a continuación:

1. Montar los componentes de los circuitos electrónicos del conmutador en la tablilla con circuito impreso.
2. Probar el funcionamiento de la tablilla con los componentes electrónicos montados.
3. Fijar los componentes externos (conectores, relevadores, interruptores, entre otros) a la tablilla con circuito impreso en la carcasa del conmutador.
4. Realizar las conexiones entre la tablilla con circuito impreso y los componentes externos.

3.6 IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBA DEL SALC.

Para realizar este procedimiento es necesario apoyarse en los manuales de

servicio y operación de la videosonda furuno FCV-663 [Furuno,1992] donde se muestran sus características eléctricas, su funcionamiento y operación. Por otra parte, es necesario también conocer el funcionamiento y operación del SALC.

Para realizar el procedimiento de conexión y prueba del SALC se necesita realizar la siguiente secuencia de operaciones:

1. Conectar los tres transductores hidroacústicos al conmutador, como se observa en la figura 10.
2. Realizar la interconexión entre la videosonda y el conmutador, como se observa en la figura 11.
3. Conectar los cables de alimentación de energía de la videosonda y del conmutador a la fuente de alimentación de 12 V_{DC}, como se observa en la figura 11.
4. Fijar el conmutador en el modo automático. Esto se logra colocando los tres interruptores de control manual en la posición de apagado.
5. Encender la fuente de alimentación, después el conmutador y finalmente la videosonda.
6. Fijar la videosonda en el rango de 10m y fijar el selector del tiempo de exploración del conmutador en la posición 3 (10 segundos).

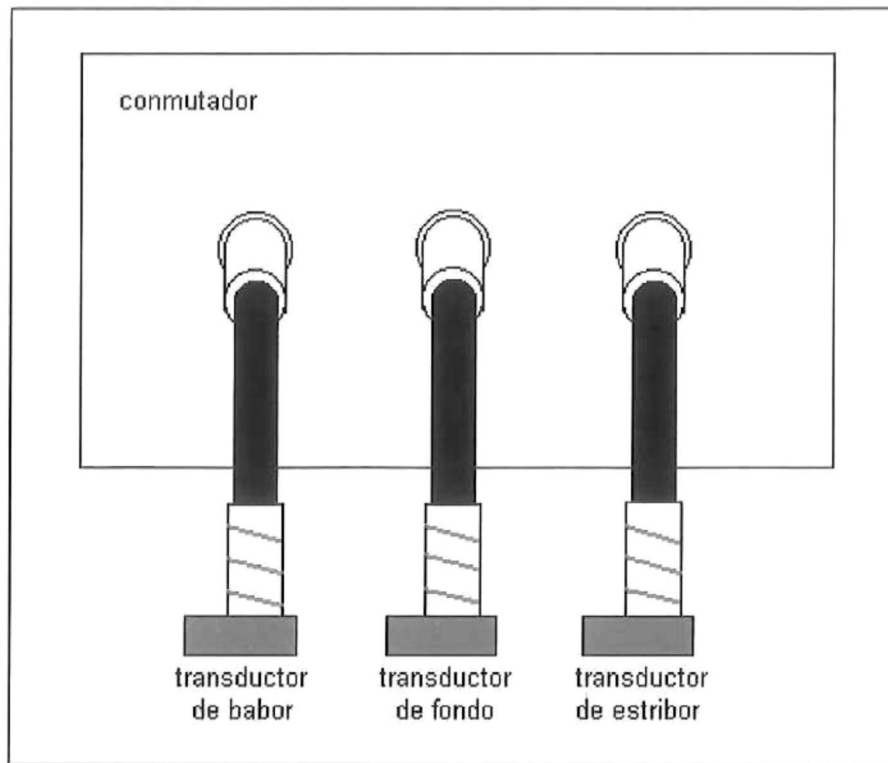


FIGURA 10. Conexión de los transductores al conmutador.

7. Observar que el conmutador en forma automática cambia la señal de transmisión de la videosonda, enviándola a cada transductor hidroacústico en diferente tiempo, para ello, véase que las lámparas indicadoras de la zona de exploración del conmutador encienden una a la vez en diferentes instantes de tiempo. Por otra parte, obsérvese en la videosonda el tiempo en que dura activo cada transductor.
8. Cambiar a la posición 6 (20 segundos) el selector del tiempo de exploración del conmutador, obsérvese nuevamente en la videosonda el tiempo en que dura activo cada transductor.

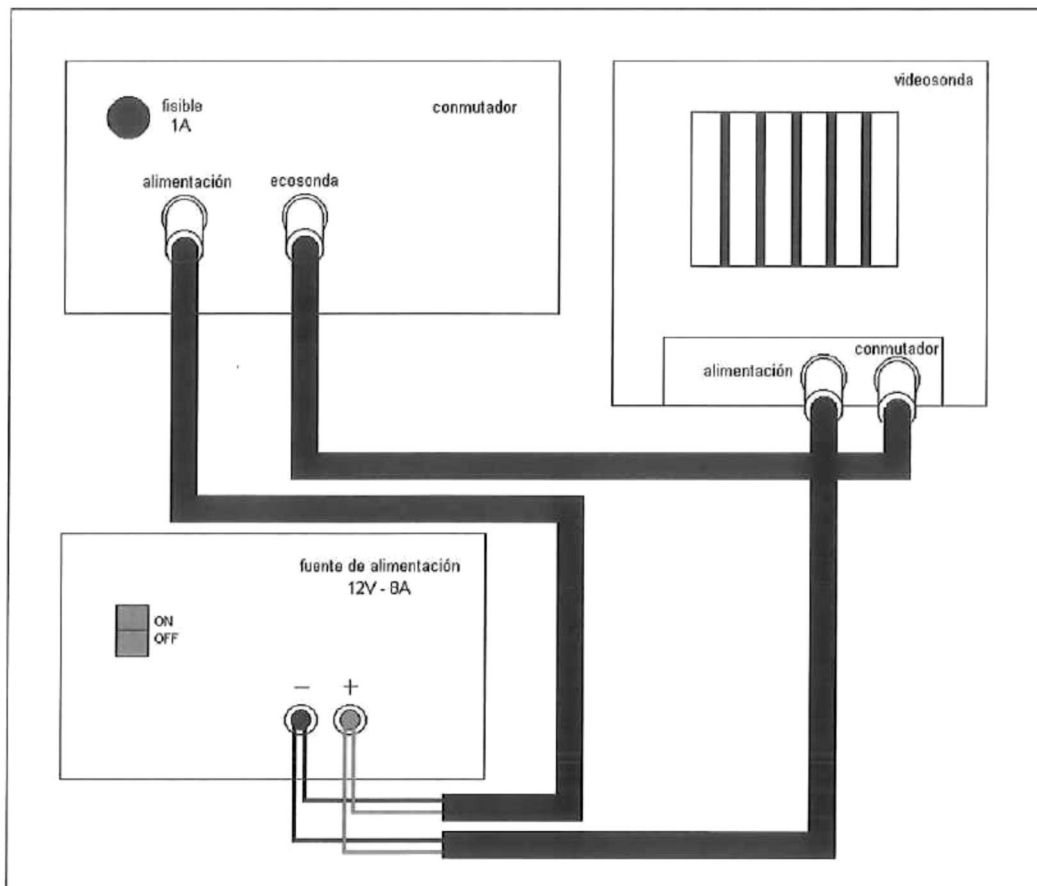


Figura 11. Conexión entre la videosonda, el conmutador y la fuente de alimentación.

9. Orientar a los tres transductores hacia una estructura rígida, de preferencia de metal, para tomarla como blanco de las señales de transmisión de la videosonda.
10. Observar en la pantalla de la videosonda las imágenes de los ecos de los blancos recibidos.

11. Encender uno de los interruptores del control manual de los transductores; por ejemplo, el de estribor y observar que la operación automática se suspende y únicamente el transductor seleccionado está en operación.
12. Apagar el interruptor de estribor y repetir la actividad anterior con los controles manuales de los transductores de fondo y babor.

3.7 INSTALACIÓN DEL SALC EN UNA EMBARCACIÓN PESQUERA.

Para realizar este procedimiento se necesita conocer el funcionamiento y operación de la videosonda y del SALC. Además es necesario conocer como fijar equipos electrónicos en un barco [Furuno, 1992 y 1989].

La secuencia de operaciones necesaria para implementar el SALC en una Embarcación pesquera es la que se muestra a continuación:

1. Fijar la videosonda en la consola del puente de una embarcación.
2. Fijar los transductores en el fondo del casco de una embarcación.
3. Fijar la fuente de alimentación debajo de la consola del puente de una embarcación.
4. Fijar el conmutador en la consola del puente de una embarcación.
5. Interconectar los elementos del SALC (videosonda, transductores, fuente de alimentación y conmutador).
6. Probar el funcionamiento del SALC instalado en la embarcación.

3.8 PRUEBAS DE SONDEO CON EL SALC BÁSICO.

Para realizar este procedimiento se necesita conocer el funcionamiento del SALC, así como tener la habilidad para navegar una embarcación de pesca ribereña de 7.5 m de eslora, 2 m de manga, 1.5 m de puntal y un motor fuera de borda de 65 HP.

La secuencia de operaciones necesaria para realizar las pruebas de sondeo con el SALC básico se muestra a continuación:

1. Instalar el SALC en una embarcación de pesca ribereña, como se observa en la figura 12.
2. Probar el funcionamiento del SALC.
3. Realizar recorridos marítimos dentro del muelle del Ensenada y de la bahía de Todos Santos, para tomar muestras en diferentes zonas y con diferentes parámetros fijados tanto en la videosonda como en el conmutador del SALC . En la tabla 7, se observa con que condiciones se tomaran las muestras, de la distancia entre la embarcación y el muro del muelle y también para la localización de cardúmenes en la bahía de Todos Santos.

En la tabla 8, se muestran los parámetros fijados al SALC para obtener las imágenes que muestran los tiempos de exploración de los transductores, de forma similar, en la tabla 9, se observan los parámetros fijados en el SALC con los que se tomaran las muestras para evaluar las perdidas de señal a través de los relevadores del conmutador.

4. Cada vez que se tome una muestra, se grabará su imagen en la memoria de la videosonda del SALC. Se llamará a la imagen grabada en la memoria, para ser presentada en la pantalla de la videosonda y se le tomará una fotografía con una cámara digital.

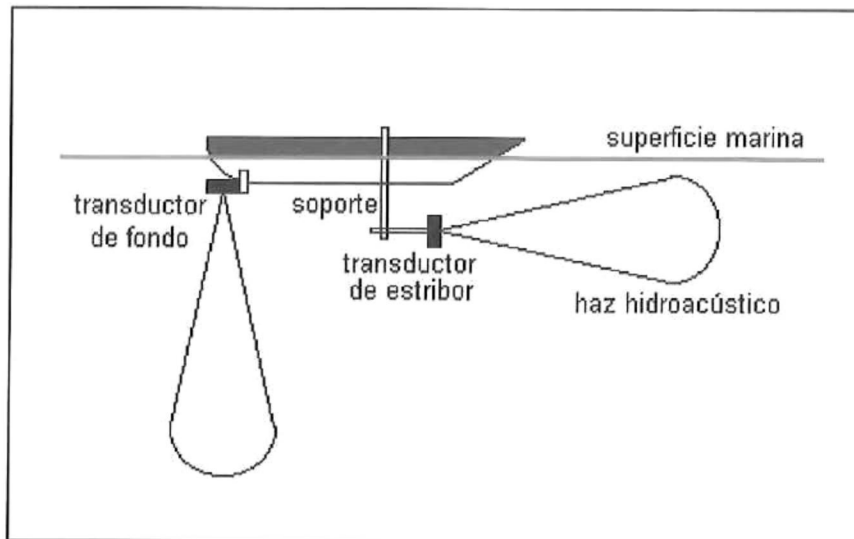


FIGURA 12. Instalación del SALC en una embarcación de pesca ribereña.

3.9 REALIZACIÓN DE AJUSTES AL SALC BÁSICO PARA OBTENER EL SISTEMA FINAL.

Para rediseñar el SALC básico, y de esta manera obtener el sistema final deben realizarse las operaciones que se muestran a continuación:

1. Analizar la información derivada de las pruebas de sondeo y del funcionamiento del sistema, a fin de determinar los ajustes necesarios al SALC básico para mejorar su operación.
2. Rediseñar el conmutador, como se describe en el procedimiento 3.1, a partir de los resultados del análisis anterior.
3. Elaborar una tablilla con circuito impreso para el nuevo circuito del conmutador como se describe en el procedimiento 3.4.
4. Construir y probar el conmutador final como lo describe el procedimiento 3.5.
5. Implementar y probar el SALC como se describe en el procedimiento 3.6.
6. Instalar y probar el SALC en una embarcación pesquera como se describe el procedimiento 3.7.
7. Realizar nuevamente las pruebas de sondeo con el SALC como se describe en el procedimiento 3.8 para probar su funcionamiento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

La presentación de los resultados obtenidos en la investigación se realizará en seis secciones, las cuales se listan a continuación:

- Un esquema, donde se observa el arreglo o integración del SALC; igualmente, se presenta un esquema del diagrama de bloques que muestra el funcionamiento general del sistema.
- Dos esquemas de la instalación del SALC en una embarcación de pesca ribereña.
- Una tabla, donde se comparan tres sistemas de ecosondeo (videosonda, salc y sonar), donde se muestran los volúmenes de cobertura de cada sistema y su costo.
- Secuencia de imágenes de los sondeo realizados con el SALC en el muelle de Ensenada y la bahía de Todos Santos. Básicamente, las imágenes corresponden a la distancia entre una embarcación y el muelle y a la localización de cardúmenes.
- Dos imágenes, que muestran igual número de tiempos de exploración de los transductores.
- Dos imágenes para comparar la atenuación de la señal de recepción a través de los relevadores del conmutador de transductores.

4.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO DEL SALC.

La figura 13, muestra el esquema general del SALC, el cual integra a una videosonda, un conmutador de transductores hidroacústicos, tres transductores hidroacústicos y una fuente de alimentación.

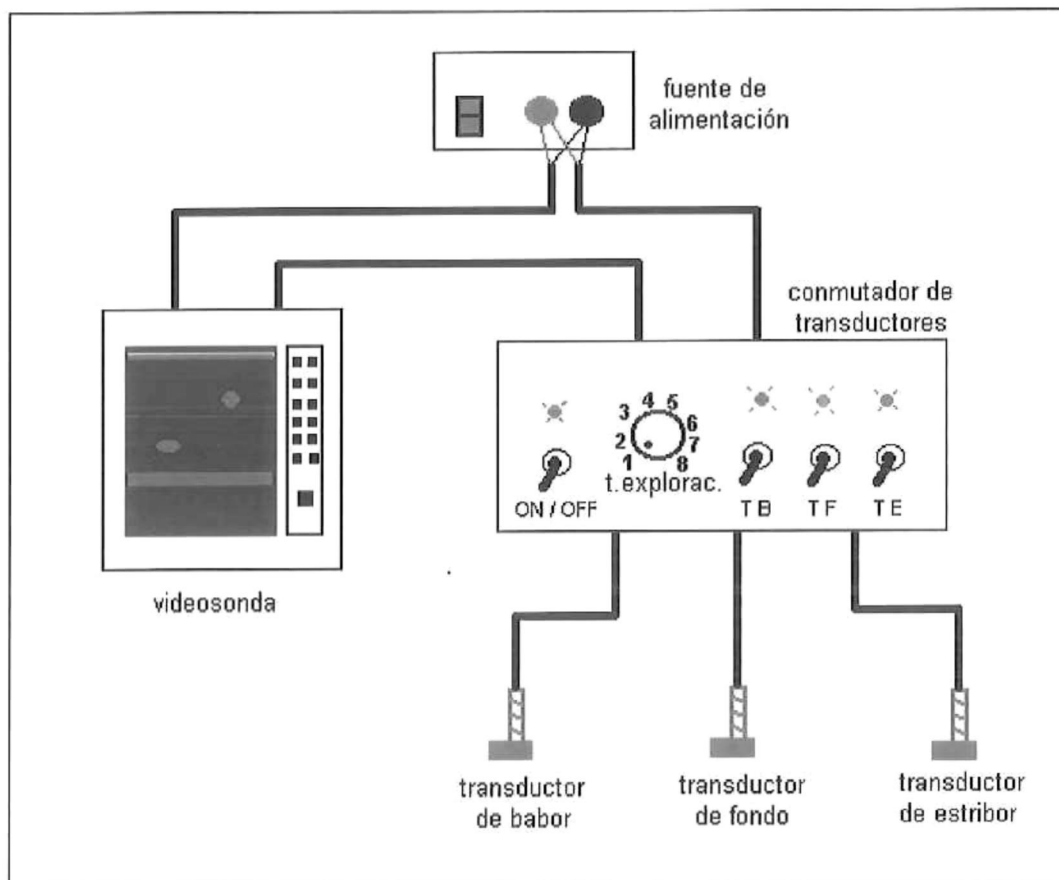


FIGURA 13. Esquema general del SALC.

En forma general, el sistema opera enviando dos señales de la videosonda al conmutador de transductores, una señal de control y otra de transmisión, éstas señales se muestran a detalle en la figura 14.

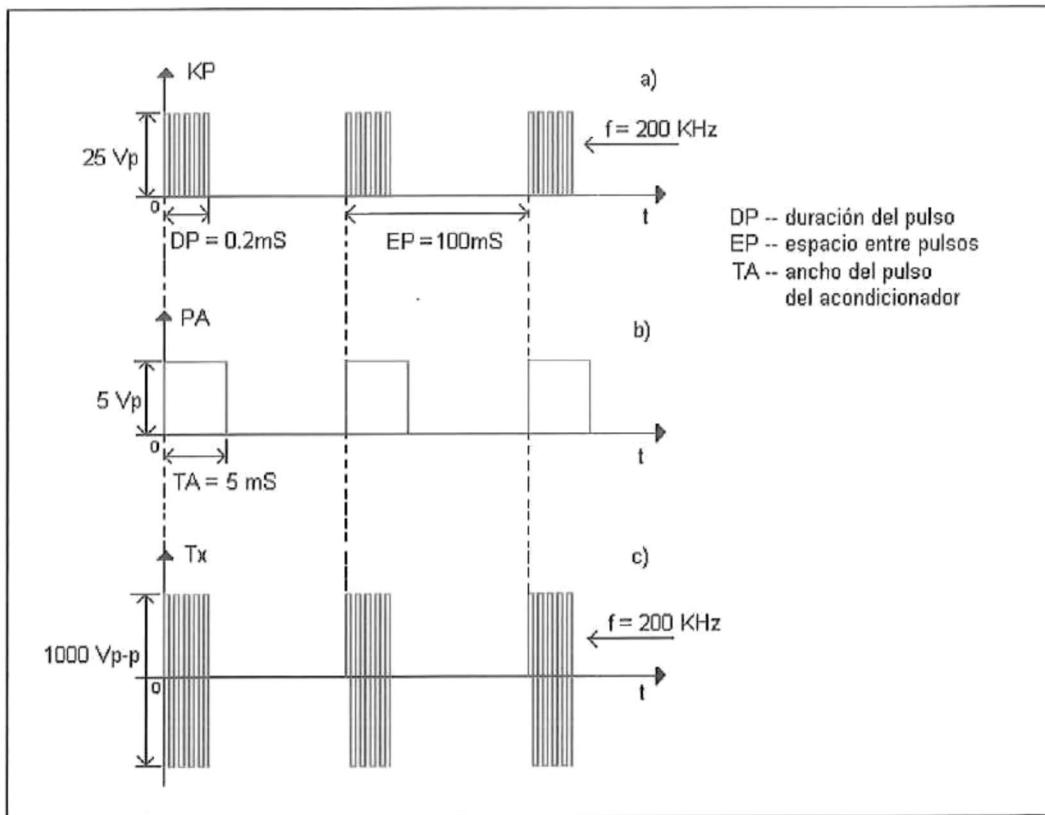


FIGURA 14. Señales de la videoprobe y del conmutador.

La señal de control es utilizada para realizar la operación automática del sistema, es decir, es la base de control para cambiar la ruta de la señal de transmisión hacia cada transductor hidroacústico según el orden de sondeo establecido (estribor, fondo y babor).

El sistema cuenta con un selector de ocho posiciones para cambiar los tiempos de exploración de los transductores, cabe mencionar que el tiempo de exploración es

el mismo para cada transductor. La tabla 5, muestra los tiempos de exploración de los transductores que se pueden fijar en el sistema.

TABLA 5. Tiempos de exploración de los transductores.

Posición del selector	Tiempo de exploración de los transductores
1	3 segundos
2	7 segundos
3	10 segundos
4	14 segundos
5	17 segundos
6	20 segundos
7	24 segundos
8	27 segundos

Además, el conmutador de transductores cuenta con un control manual para cada uno de los transductores. Al accionarse cualquier control manual se suspende la operación automática del sistema, éste explora ahora la zona seleccionada, hasta que otro control manual es activado. Por otra parte, si en forma accidental se accionan dos o más de los controles manuales, el sistema permanece operando con el primer transductor seleccionado.

Finalmente, cuando la señal hidroacústica es transmitida al espacio marino por cualquiera de los transductores y reflejada o rebotada en algún objeto, de forma similar que la videosonda la señal es recolectada por el transductor que está en operación, se convierte en señal eléctrica y se envía a la videosonda para su presentación vía el conmutador de transductores.

4.1.2 DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SALC.

El diagrama de bloque del sistema se muestra en la figura 15. En primer lugar, se toma la señal KP de la videosonda, que se llamará pulso base de control, este se muestra en la figura 14a. Esta señal es alimentada a un acondicionador de señal, el cual producirá en su salida un pulso de 5 mS, que se conocerá como PA, éste pulso se muestra en la figura 14b. Tiempo suficiente para que termine cualquier ancho de pulso de KP, que como se sabe, el tiempo en que esta presente, depende de la escala de profundidad de la videosonda; evitando de esta manera, que el contador del microcontrolador cuente con cada ciclo interno del pulso KP. Los pulsos de salida del acondicionador de señal, son alimentados al microcontrolador para su procesamiento, éstos son la base para el control automático del conmutador.

El microcontrolador cuenta los pulsos recibidos del acondicionador de señal, cada vez que se alcanza la cantidad de pulsos necesarios para activar un transductor en particular (babor, fondo o estribor), se bloquean los otros dos transductores y

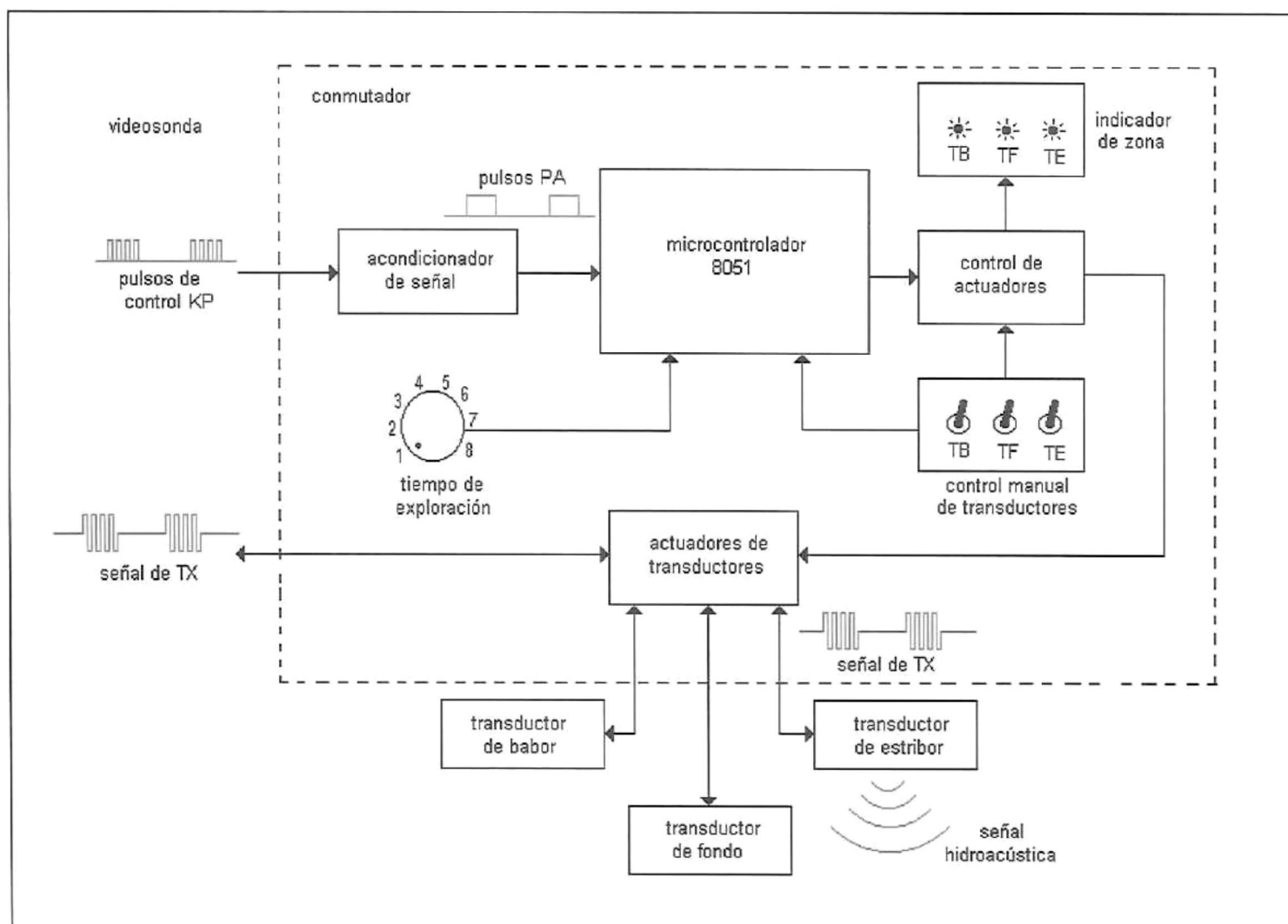


FIGURA 15. Diagrama de bloques del funcionamiento general del SALC.

se activa el transductor en cuestión. Para activar un transductor, el microcontrolador a través del P3 envía un pulso digital al control de actuadores, que en forma básica esta constituido por amplificadores de CD. La señal amplificada gobierna los actuadores de los transductores, que en forma básica son relevadores electromecánicos, que su función es dejar pasar o bloquear la señal de Tx / Rx de la videosonda, la cual se muestra en la figura 14c.

Cuando un transductor es seleccionado, la señal de Tx pasa a través del relevador correspondiente. El transductor convierte la señal eléctrica del pulso de Tx a un pulso de energía hidroacústica, y este es lanzado al espacio marino, el pulso al rebotar en algún objeto (cardumen, fondo marino, embarcación hundida, etc.) refleja una señal, la cual es recolectada por el transductor, éste la convierte a señal eléctrica (señal Rx) y es enviada a la videosonda para ser presentada en la pantalla vía el actuador de transductores.

Por otra parte, el microcontrolador también recibe a través del puerto P3 las señales del control manual de transductores, para activar el transductor deseado en forma manual. Cuando se selecciona un transductor se impide la activación de otro, en caso de que en forma accidental se accione otro control manual, el conmutador deja activado al primer transductor seleccionado y evita que el segundo control manual activado ponga en funcionamiento al segundo transductor.

Además, el microcontrolador recibe a través del puerto P1, las señales del selector de los tiempos de exploración de los transductores, los cuales serán los mismos para cada transductor, es decir, si se selecciona un tiempo por ejemplo de 10 segundos, los tres transductores tendrán un tiempo de exploración de éste valor en la operación automática del conmutador.

Por su parte, el control de actuadores, además de amplificar la señal que gobernará a los actuadores de los transductores, también activa a tres lámparas (verde-estribor, amarillo-fondo y rojo-babor), que indican cuando esta activado cada transductor ya sea en forma automática o manual.

4.2 INSTALACIÓN DE SALC EN UNA EMBARCACIÓN PESQUERA.

La figura 16, muestra la vista lateral de un esquema donde se observa la instalación del SALC en una embarcación de pesca ribereña, la figura 17 muestra la vista frontal del citado esquema. Los transductores de babor y de estribor se encuentran orientados con un ángulo de 30° respecto de la línea de quilla de la embarcación y con un ángulo de 0° respecto de la superficie del mar; por otra parte, el transductor de fondo se encuentra orientado a 0° respecto de la línea de quilla y con un ángulo de 90° respecto de la superficie del mar.

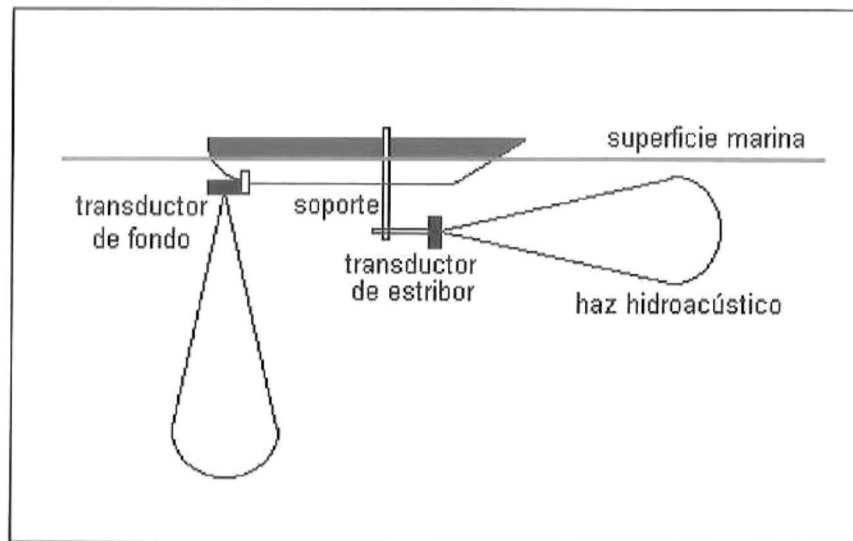


Figura 16. Vista lateral de la instalación del SALC en una embarcación.

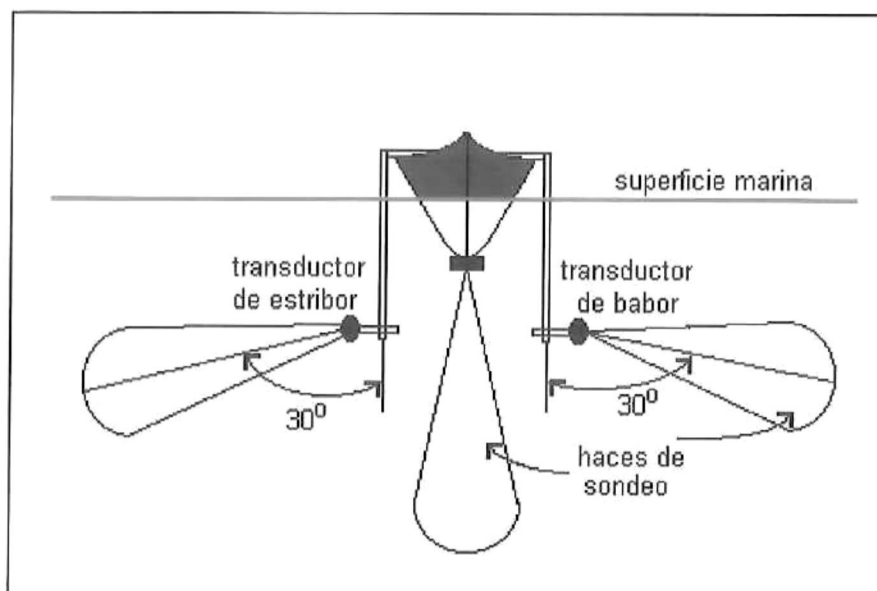


Figura 17. Vista frontal de la instalación del SALC en una embarcación.

4.3 COMPARACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ECOSONDEO.

En la tabla 6, se presenta la comparación entre los sistemas de sondeo existentes para la localización de cardúmenes; la videosonda y el sonar con el SALC. La comparación está basada en el volumen de cobertura de cada sistema, así como su costo. Cabe mencionar que el volumen se calculó tomando un alcance de 100 metros y el costo del SALC incluye los costos de materiales y de mano de obra. En el apéndice B, se observa como se determinó el volumen de cobertura de los tres sistemas mencionados.

Tabla 6. Comparación entre los sistemas de ecosondeo.

Sistema	Volumen de cobertura	Costo (pesos)
Videosonda	7,562 m ³	10,000.00
SALC	22,687 m ³	15,000 .00
Sonar	177,930 m ³	100,000.00

4.4 IMÁGENES DE LOS SONDEOS REALIZADOS CON EL SALC EN EL MUELLE DE ENSENADA Y EN LA BAHÍA DE TODOS SANTOS.

La primera secuencia de imágenes muestra la localización de un cardumen y la distancia entre la embarcación y el muelle. Cada imagen fue obtenida con un

diferente arreglo de parámetros fijado en el SALC, tal como se muestra en la tabla 7 del apéndice C.

La imagen de la figura 18, corresponde a un cardumen localizado en la superficie marina de la bahía de Todos Santos, también se observa el fondo marino con una menor intensidad a un distancia de 28.2 metros. Los parámetros utilizados para obtener esta imagen son los que se observan en la muestra 1 de la tabla 7 del apéndice C.

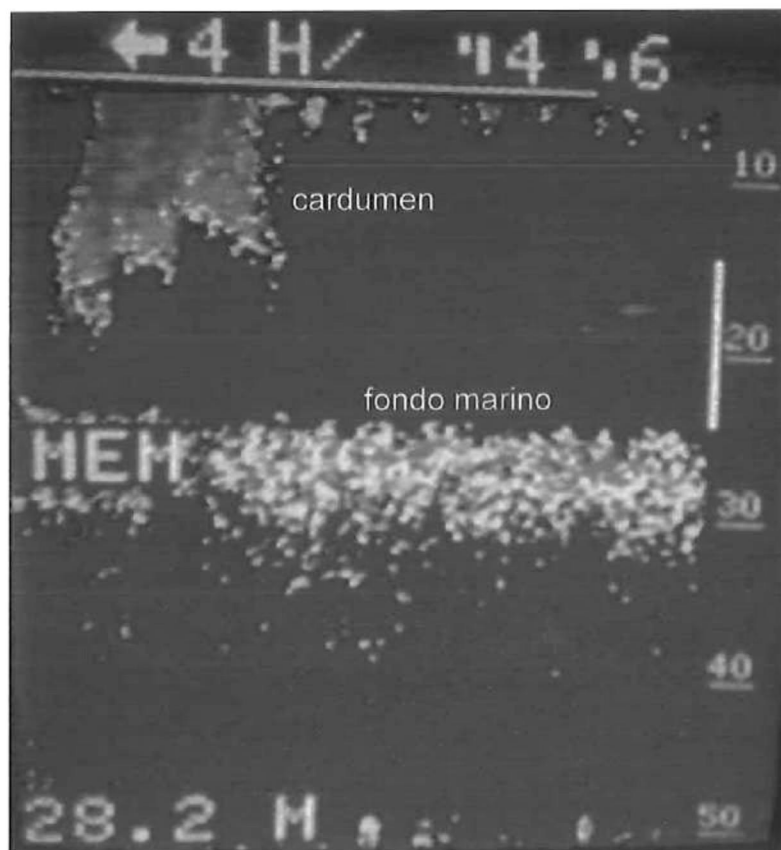


FIGURA 18. Imagen de un cardumen localizado en la bahía de Todos Santos.

La imagen de la figura 19, corresponde a la distancia entre la embarcación y el muelle de Ensenada, como se observa éste aparece en la imagen a una distancia de 89 metros. Los parámetros utilizados para obtener esta imagen son los que se observan en la muestra 2 de la tabla 7 del apéndice C.

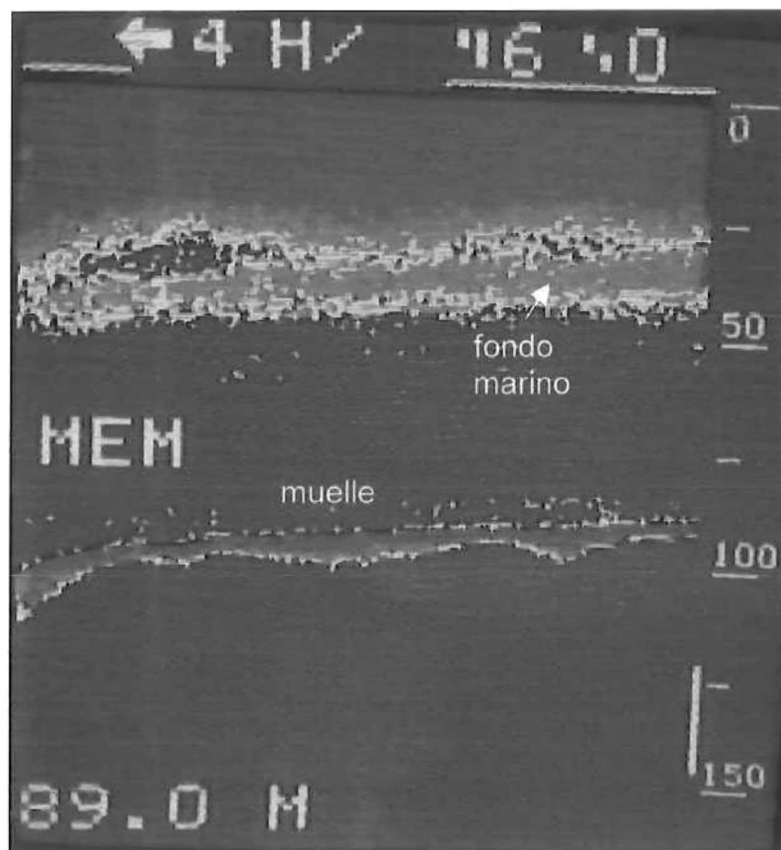


FIGURA 19 . Imagen de la distancia entre una embarcación y el muelle.

La imagen de la figura 20, corresponde a la distancia entre la embarcación y el muelle de Ensenada, como se observa éste aparece en la imagen a una distancia de 104 metros. Los parámetros utilizados para obtener esta imagen son los que se observan en la muestra 3 de la tabla 7 del apéndice C.

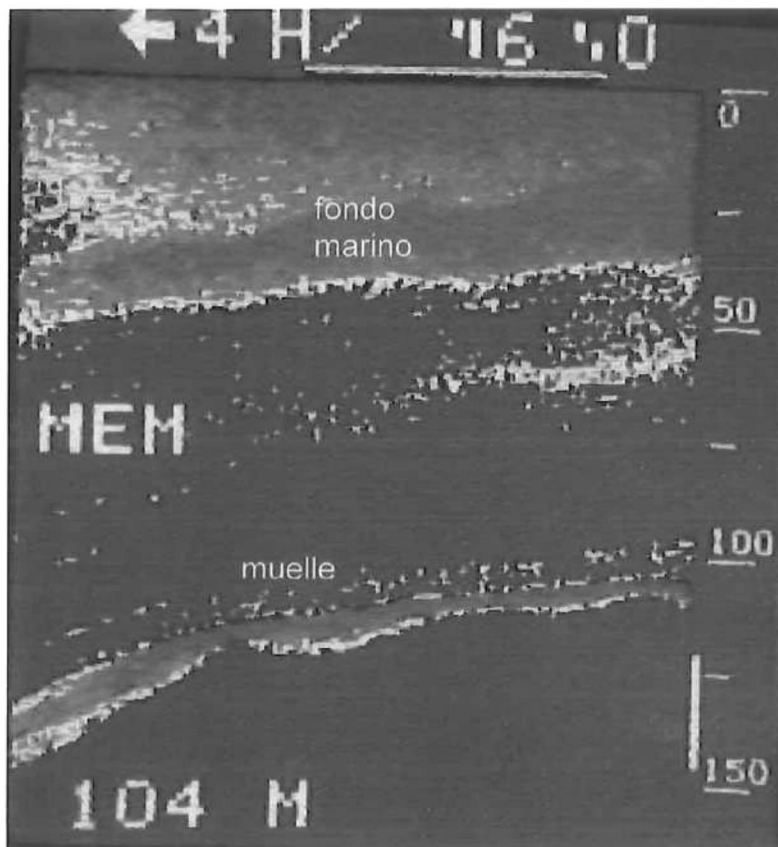


FIGURA 20. Imagen de la distancia entre una embarcación y el muelle.

La segunda secuencia de imágenes, corresponde a dos diferentes tiempos de exploración de los transductores. En este caso, los parámetros del SALC se fijaron como se muestran en la tabla 8 del apéndice C.

La figura 21, muestra una imagen donde se observa el tiempo de exploración de los transductores fijado en 20 segundos, el cual corresponde a la posición 6 del selector del tiempo de exploración del SALC. Los parámetros fijados para obtener esta imagen aparecen en la muestra 1 de la tabla 8 del apéndice C.

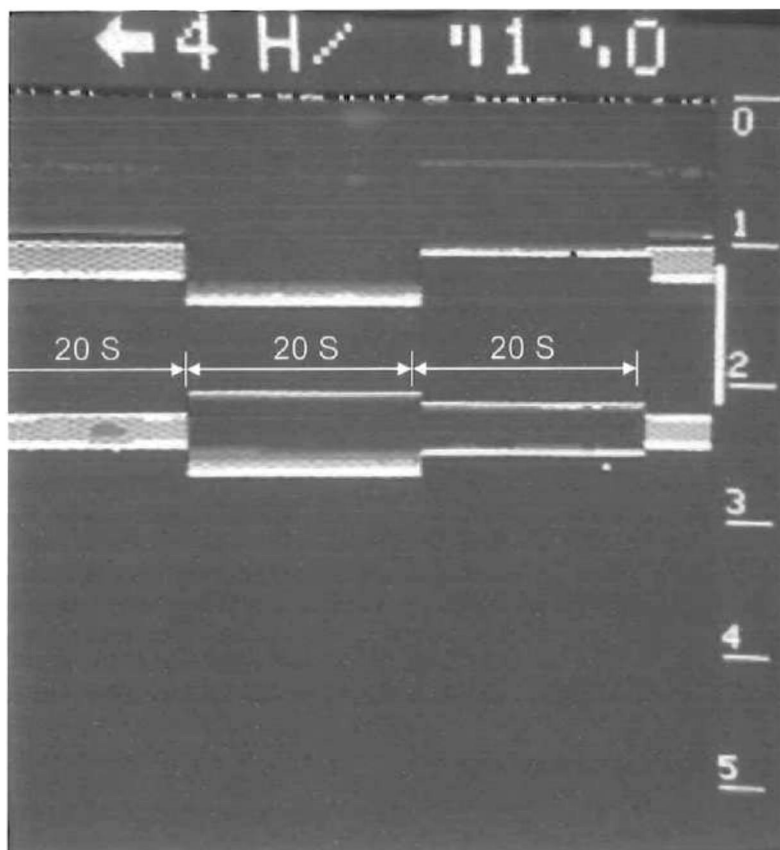


FIGURA 21. Imagen que muestra el tiempo de exploración de los transductores en 20 segundos.

La figura 22, muestra una imagen donde se observa el tiempo de exploración fijado en 10 segundos, el cual corresponde a la posición 3 del selector del tiempo de exploración del SALC. Los parámetros fijados para obtener esta imagen aparecen en la muestra 2 de la tabla 8 del apéndice C.

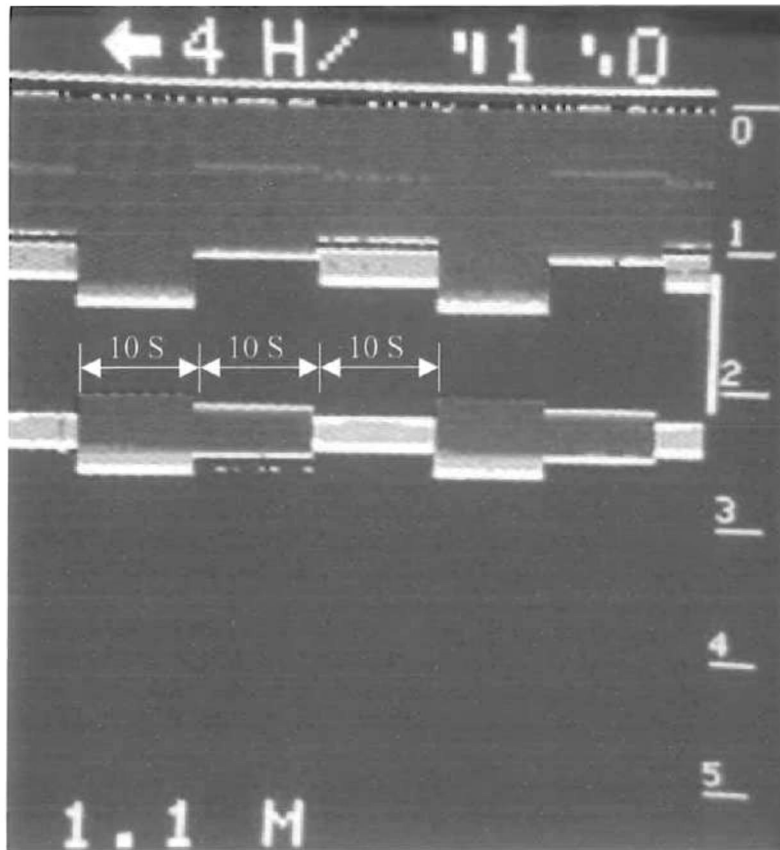


FIGURA 22. Imagen que muestra el tiempo de exploración de los transductores en 10 segundos.

La tercera secuencia de imágenes, corresponde a las pérdidas de señal de recepción que introduce el conmutador de transductores. En este caso, los parámetros del SALC se fijaron como se muestran en la tabla 9 del apéndice C.

La imagen de la figura 23, muestra el fondo marino compacto (en color rojo), lo cual indica un recepción normal de una videosonda, es decir, sin utilizar el conmutador de transductores del SALC. Esta imagen, se tomará como base para analizar las pérdidas de la señal de recepción a través del citado conmutador. Los parámetros utilizados para obtener esta imagen son los que se observan en la muestra 1 de la tabla 9 del apéndice C.



FIGURA 23. Imagen del fondo marino para evaluar las pérdidas de señal de recepción, sin el conmutador.

La imagen de la figura 24, muestra el fondo marino casi compacto (en color rojo), es decir, se presenta atenuación del color rojo en la imagen del fondo marino, lo cual indica, que al pasar la señal de recepción por el conmutador de transductores del SALC se introducen algunas pérdidas en ésta. Las pérdidas se deben al desacoplamiento entre la línea de transmisión y los relevadores. Los parámetros utilizados para obtener esta imagen son los que se observan en la muestra 2 de la tabla 9 del apéndice C.



FIGURA 24. Imagen del fondo marino para evaluar las pérdidas de señal de recepción, con el conmutador.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Este capítulo se divide en dos partes, primeramente se exponen las conclusiones obtenidas del desarrollo del proyecto y de sus resultados logrados. En una segunda parte, se exponen las recomendaciones para futuras investigaciones sobre la materia.

5.1 CONCLUSIONES.

De los sondeos realizados en los muelles de Ensenada y el Sauzal se puede observar que el sistema puede localizar peces cuando menos a 100 metros de distancia en forma horizontal, es decir paralelamente a la superficie del mar, ésto se puede apreciar en la imagen de las figura 20.

En cuanto a la localización de cardúmenes se observó que éstos se presentan a partir de la superficie marina como se observa en las imágenes de las figuras 18 y 19. En cuanto a la localización de cardúmenes este hecho no constituye un problema, pero si en cuanto a una ubicación más precisa de los cardúmenes; esto último es importante cuando se realizan las maniobras para la captura de los cardúmenes.

En cuanto al precio, se logró la meta de obtener un nuevo sistema para la localización de cardúmenes a un costo menor que la cuarta parte del precio de un

sonar. Es decir, el costo de un sonar es aproximadamente \$100,000.00 MN y el nuevo sistema se logró obtener a un costo de \$15,000.00 MN.

Por otra parte, se probaron como actuadores de los transductores, relevadores de estado sólido y relevadores electromecánicos, tomándose para realizar el proyecto los últimos, debido a que los primeros se conmutan sin señal de activación con las frecuencias comunes utilizadas para el ecosondeo (50KHz, 200KHz, entre otras). En cambio los electromecánicos bloquean perfectamente las frecuencias antes mencionadas.

Se observó, en los relevadores electromecánicos que introducen pérdidas, debido a los cambios de medios por los que pasa las señales de Tx/Rx de la videosonda. Primeramente, la señal viaja en el cable coaxial diseñado para tal propósito como se observa en la figura 27, pero después la señal pasa a través de los relevadores electromecánicos del conmutador electrónico, en los cuales la señal sufre atenuación. Las figuras 23 y 24 muestran las imágenes del sondeo para evaluar las pérdidas de señal. Si se comparan las 2 imágenes se observa la imagen de la figura 24 debilitada al detectar el fondo marino, esto indica que el conmutador introduce pérdidas en las señales Tx/Rx. Por otra parte, las pérdidas también fueron evaluados midiendo las amplitudes de las señales mencionadas, observándose pérdidas en la transmisión del 3.4% y en la recepción del 4.4%.

En el desarrollo del proyecto se utilizó la circuitería común de los circuitos lógicos y la circuitería digital utilizando como base el microcontrolador de Intel 80C31, observándose que utilizando la segunda tecnología se reducía la circuitería en general y se logró mayor flexibilidad para realizar cambios en los parámetros de funcionamiento del sistema, tales como: cambiar los tiempos de exploración de los transductores hidroacústicos, el orden de exploración de los transductores hidroacústicos, entre otras posibilidades.

5.2 RECOMENDACIONES.

Como una futura investigación, se propone cambiar el transductor orientado hacia el fondo, orientándolo hacia la proa de la embarcación, con lo cuál se podrán localizar cardúmenes exactamente hacia enfrente de la embarcación antes de llegar a ellos, cabe hacer notar que el transductor de fondo localiza a los cardúmenes cuando la embarcación está prácticamente encima de ellos.

Como una segunda modificación al sistema, se propone agregar un cuarto transductor hidroacústico, de esta manera tres transductores se destinan para la operación automática y manual, orientados uno hacia la banda de estribor, otro hacia la proa y otro hacia la banda de babor. El cuarto transductor se orientará hacia el fondo y únicamente podrá operar en forma manual. Esta distribución y operación de transductores es muy conveniente, para evitar que el fondo marino aparezca en la pantalla y de esta manera se tendrá más tiempo para la exploración alrededor de la embarcación por parte de los otros tres transductores.

Cuando se desee ubicar el fondo marino, esto se logrará activando manualmente el transductor de fondo.

Como una futura investigación, se propone también evaluar los transistores MOSFET para realizar la conmutación de la señal Tx/Rx. Las características que se deben revisar son, primeramente que no se conmuten con las frecuencias de 200KHz y 50KHz, en ausencia de señal de compuerta, también deben evaluarse las pérdidas de la señal de Tx/Rx a través de ellos, entre otras.

Finalmente, se recomienda realizar los estudios de sondeo con la frecuencia de 50 KHz, debido a que ésta, es la frecuencia más utilizada para localizar las especies marinas mencionadas en el capítulo I en el apartado de limitaciones del estudio.

APÉNDICE A

DIAGRAMAS Y PROGRAMA DEL SALC

En este apartado, se incluyen los diagramas eléctricos, las descripciones de éstos y la del programa del microcontrolador 8051 empleado en la construcción del SALC. El contenido de este apéndice es el que se lista a continuación:

- Descripción del circuito electrónico.
- Diagramas electrónicos.
- Esquemas del circuito impreso.
- Descripción del programa del microcontrolador.
- Diagrama de flujo del programa.
- Programa del microcontrolador.

A.1 DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO ELECTRÓNICO DEL SALC.

El circuito electrónico del sistema esta dividido en tres secciones, la primera está constituida por la fuente de alimentación y el acondicionador de señal, la segunda por la unidad principal y la tercera contiene los actuadores de los transductores y los transductores, a continuación se describen cada una de estas secciones.

A.1.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.

La figura 25, muestra el diagrama electrónico de la fuente de alimentación, la cual cuenta con un fusible de 1A (F1), un protector para la inversión de polaridad (D10),

un filtro para eliminar la interferencia producida por los generadores o motores eléctricos a bordo de las embarcaciones y los rizados del rectificador de la fuente (L1,L2,C51,C50), también incluye un regulador de voltaje (U6), para regular el voltaje de alimentación a 5V, para polarizar los circuitos integrados que trabajan con este voltaje.

A.1.2 ACONDICIONADOR DE SEÑAL.

La figura 25, también muestra el circuito electrónico del acondicionador de señal, el cual incluye un circuito limitador de corriente y supresor de interferencias (R1, R2, C1) para evitar demandar alta corriente al circuito integrado (U19 H8D1932B) de la videosonda FCV-663, este circuito se muestra en el diagrama electrónico en el manual de operación citado en la bibliografía [Furuno, 1992], que produce la señal KP, esta señal se muestra en la figura 14a, después la señal KP es amplificada por el transistor Q1. Cuando viene un nivel bajo en el colector de Q1 a causa de un nivel alto en la base de éste, dispara al temporizador U1, creando un nivel alto en la salida de éste. El nivel alto a la salida de U1 durará lo suficiente (5 mS), para evitar crear varios pulsos, es decir se producirá un pulso PA por cada pulso KP, véase la figura 14b. La salida del temporizador produce pulsos constantes PA, que son alimentados al microprocesador 8031 para ser contabilizados.

A.1.3 UNIDAD PRINCIPAL.

La figura 26, muestra el diagrama electrónico de la unidad principal, la cual ésta integrada por una computadora de propósito específico, que básicamente ésta

constituida por el microcontrolador 8031, el latch de direcciones 74HC573 y la memoria EPROM 2732. Las principales funciones de la computadora son las que se muestran a continuación:

- Contar los pulsos que envía el acondicionador de señal , estos pulsos son la base del control automático del sistema, los pulsos son recibidos por el puerto P3.2.
- Comparar la cantidad de pulsos recibidos, para que cada vez que se alcance la cantidad de pulsos necesarios para activar un nuevo transductor, bloquear los otros dos transductores y activar el transductor en turno, el control de los transductores se logra a través de los puertos (P3.0, P3.1 y P3.3).
- Generar un pulso por el puerto P3.4 para bloquear el acondicionador de señal cuando el sistema pasa a la operación manual, a causa de la activación de alguno de los tres controles manual de los transductores.
- Aceptar la entrada de los controles manuales de los transductores a través de los puertos (P3.5, P3.6 y P3.7).
- Por otra parte, la computadora recibe por el puerto P1 las posiciones del selector de los tiempos de exploración de los transductores (SW2), para seleccionar alguno de los tiempos de exploración que muestra la tabla 5.

Finalmente, en la unidad principal a la salida de los puertos (P3.0, P3.1 y P3.3) se encuentran amplificadores de corriente (U5,Q3,Q4,Q5) para proveer la corriente

necesaria a los indicadores de zonas de exploración y los actuadores de los transductores.

A.1.4 ACTUADORES DE LOS TRANSDUCTORES Y TRANSDUCTORES.

La figura 27, muestra el diagrama electrónico de los actuadores de transductores, que esta constituido por amplificadores de corriente (Q6, Q7 y Q8) y los relevadores electromecánicos (K1, K2, y K3), los cuales se encargan de conmutar las señales de Tx/Rx hacia los transductores y hacia la videosonda. En este esquema también se encuentran los transductores hidroacústicos, los cuales operan con una frecuencia de 200 KHz y una potencia de 150 W.

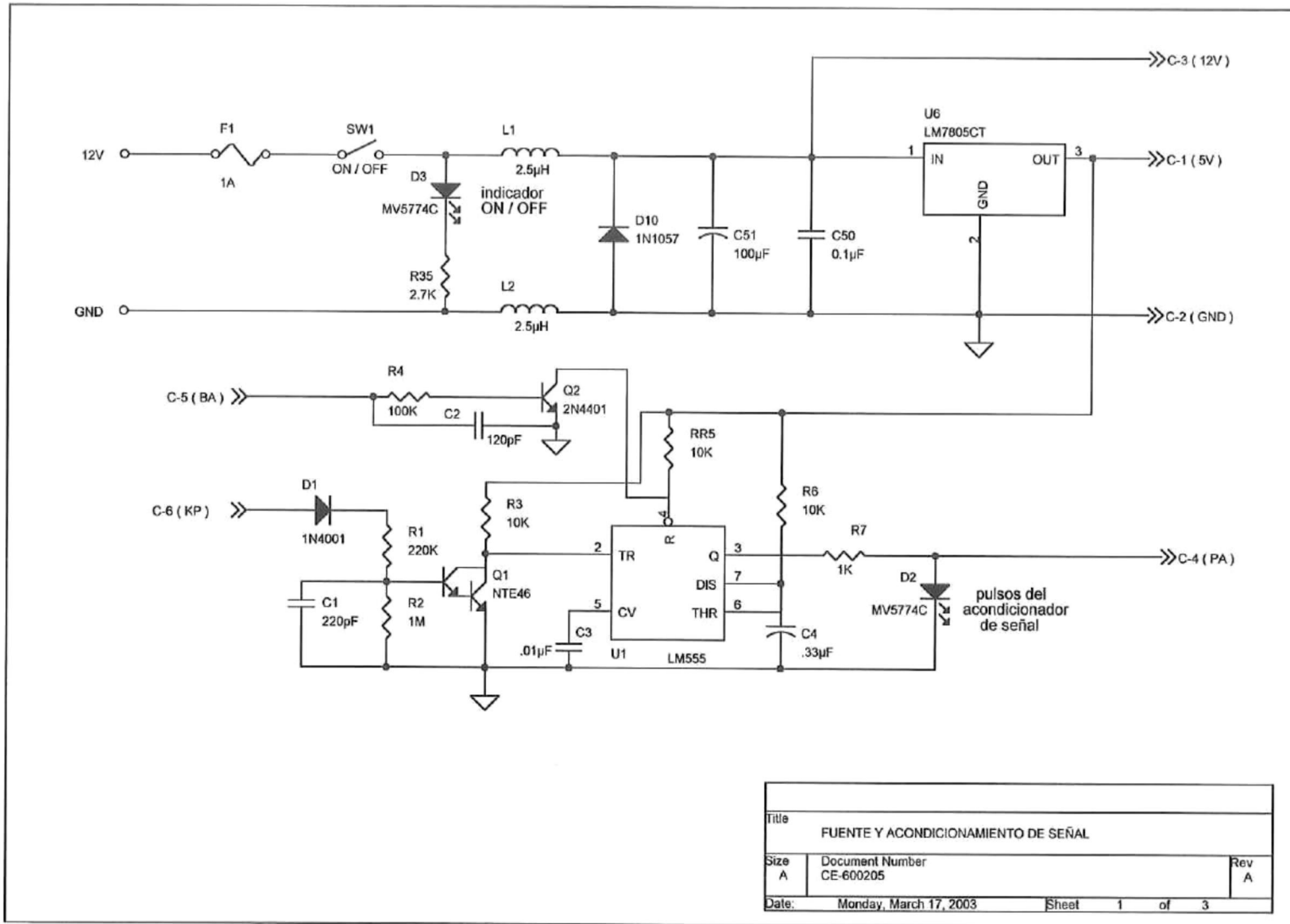


FIGURA 25. Fuente de alimentación y acondicionamiento de señal.

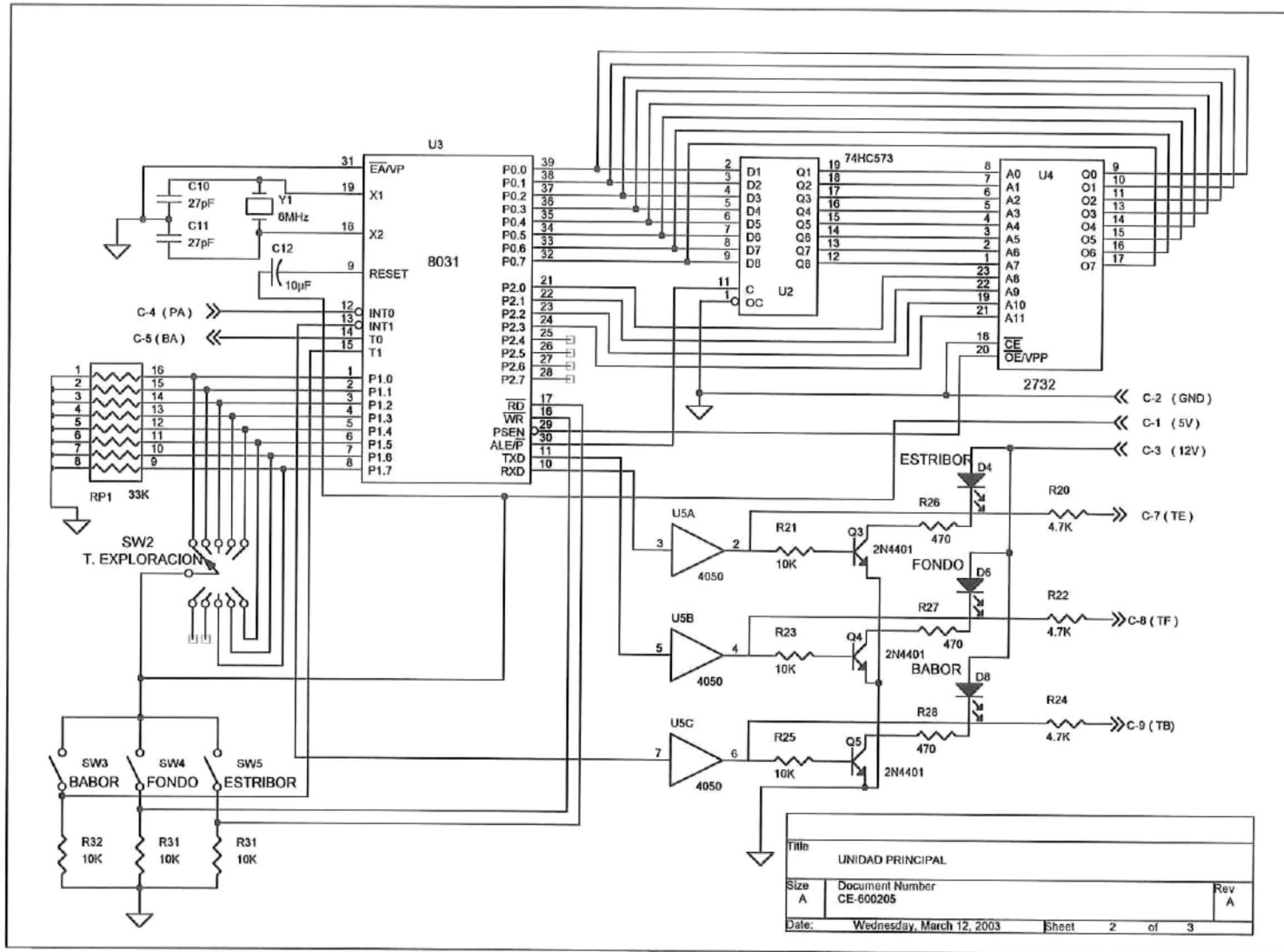


FIGURA 26. Unidad principal.

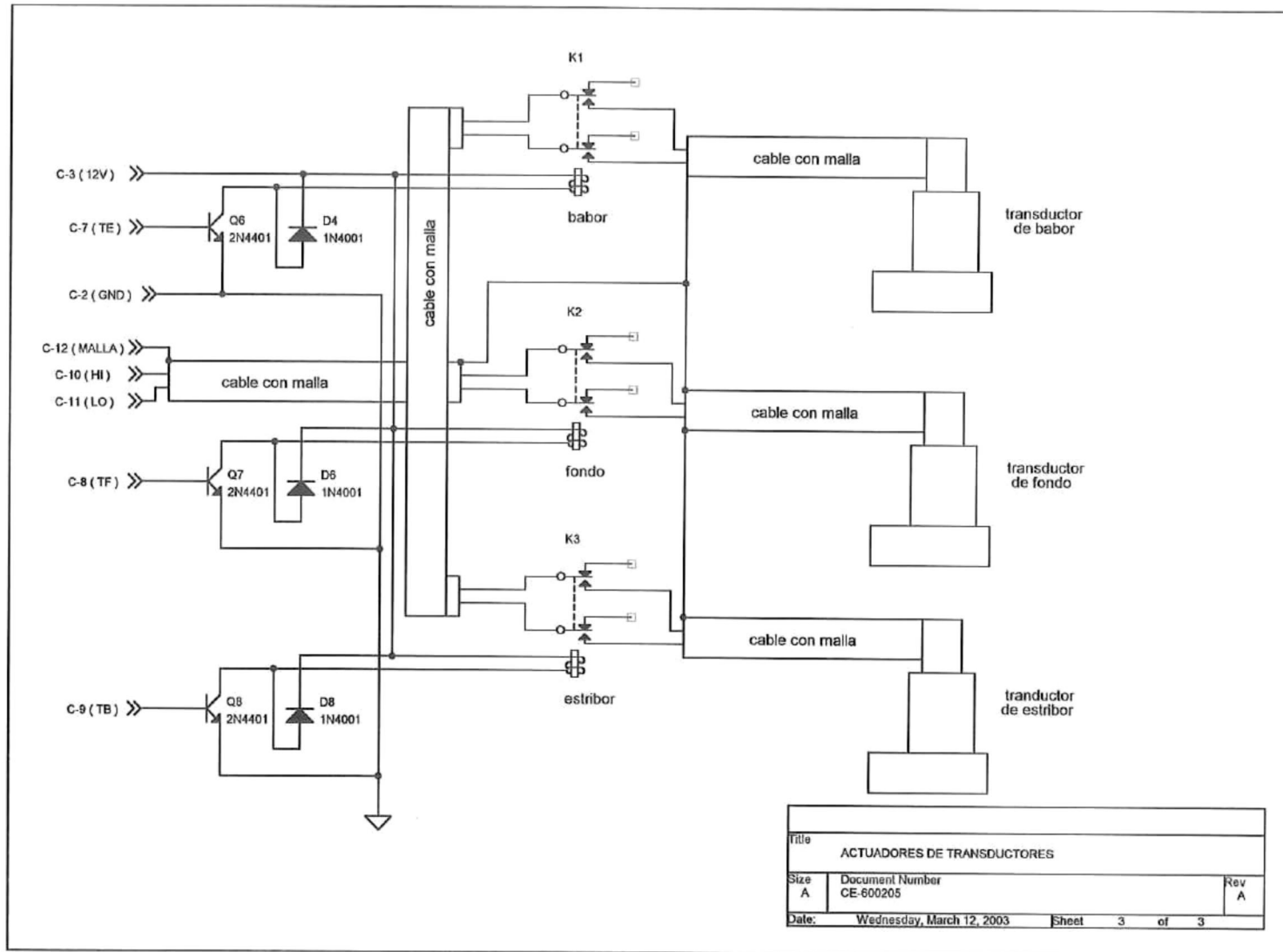


FIGURA 27. Actuadores de los transductores y transductores.

A.2 CIRCUITOS IMPRESOS.

En este apartado, se muestran los esquemas de los circuitos impresos del SALC, en la figura 28, se observa él de la máscara de componentes y en la figura 29, se observa él de la máscara de soldaduras.

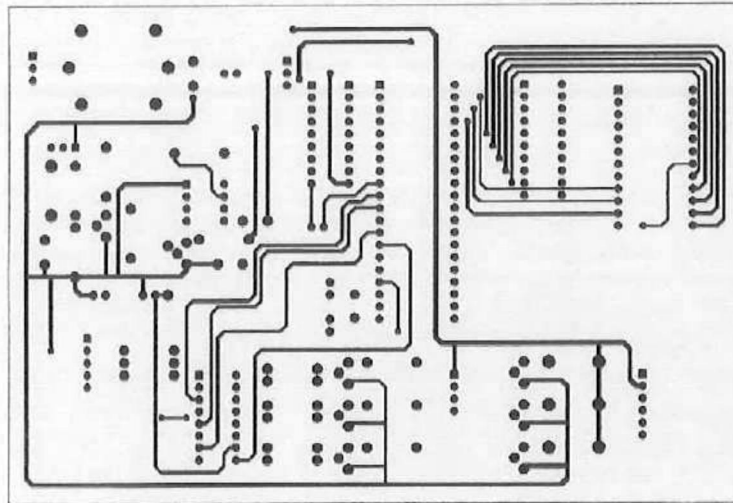


FIGURA 28. Máscara de componentes del circuito impreso del SALC.

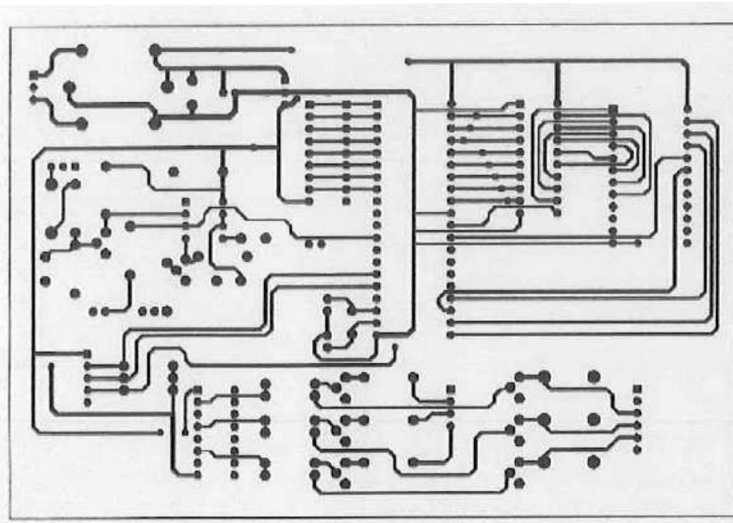


FIGURA 29. Máscara de soldaduras del circuito impreso del SALC.

A.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROGRAMA PARA CONTROLAR EL CONMUTADOR ELECTRÓNICO DE TRANSDUCTORES DEL SALC.

En la figura 30, se muestra un diagrama de flujo del programa para el control del conmutador electrónico que ayuda a su descripción. En primer lugar, el programa carga las condiciones iniciales de los registros utilizados, de las localidades de la memoria RAM, así como de los puertos P1 y P2.

Después, el programa carga el estado de los controles manuales de los transductores a través del puerto P3 (P3.7, P3.6 y P3.6). Si alguno de los controles esta activado se busca cual es. Supóngase, que esta activado el control manual para el transductor de fondo. Primeramente, debe esperarse a que el nivel de acondicionador de señal pase a un bajo, después pone en cero el registro de conteo r0, bloquea el acondicionador de señal y llama al subprograma de activación de transductores.

Dado que, el transductor seleccionado es el del fondo, desactiva o bloquea los transductores de babor y de estribor, según el caso, activa al transductor de fondo y regresa al subprograma para el control manual de los transductores.

Ahora el programa, carga de nuevo el estado de los controles manuales de los transductores. Considérese, que ninguno esta activado, entonces el control del programa revisa el estado del selector de los tiempos de exploración de los transductores, en primer lugar desbloquea el acondicionador de señal, después carga el estado del selector de los tiempos de exploración a través del puerto P1

(P1.0 --- P1.7) y busca cual de las posiciones del selector esta activada.

Supóngase, que esta activado el tiempo 3; en consecuencia, el programa carga en la localidad de memoria 31h el numero 20h, que corresponde a un tiempo de exploración de 10 segundos, después carga al acumulador con la misma cantidad, suma el acumulador con el contenido de la dirección de memoria 31h y deposita el resultado en la localidad de memoria 32h. Así, el contenido almacenado son 20 segundos de retraso. De igual modo, el programa suma el nuevo contenido del acumulador con la cantidad almacenada en la dirección de memoria 31h y el resultado es enviado a la localidad de memoria 33h. De esta manera, el resultado almacenado en esta nueva localidad de memoria es de 30 segundos de retraso. Finalmente, el control del programa regresa al subprograma para el control manual de los transductores.

Por su parte, el subprograma del conteo de los pulsos de control de la videosonda opera de la manera que se describe a continuación; una vez que se produce la interrupción del programa, debido a la presencia del pulso del acondicionador de señal en el puerto P3 (P3.2), que corresponde a la interrupción externa 0 (INT0), el control del programa pasa al subprograma de conteo.

En primer lugar, se guarda el contenido del acumulador en la memoria RAM, se incrementa el registro de conteo r0, se pasa el contenido de éste al acumulador y se compara con el contenido de la dirección de memoria 31h para probar si el contador tiene los pulsos necesarios para activar el transductor de babor, en el

caso de que no los tenga, se compara ahora con el contenido de la localidad de memoria 32h para probar si el contador tiene los pulsos necesarios para activar el transductor de fondo. En el caso de que no se tengan los pulsos necesarios, se compara el acumulador con la dirección de memoria 33h para probar si se tienen los pulsos necesarios para activar el transductor de estribor. En el caso de que tampoco se tengan los pulsos necesarios para activar el transductor de estribor, se recupera el contenido anterior del acumulador de la memoria RAM y se regresa el control al subprograma interrumpido.

Por otra parte, supóngase que se tienen, por ejemplo, los pulsos necesarios para activar el transductor de estribor, entonces el control del programa para al subprograma de activación de transductores. Debido a que el transductor de estribor es él que se habilitará, se deshabilitan o bloquean según el caso los transductores de fondo y de babor, se activa el transductor de estribor y regresa el control al subprograma de conteo. En este subprograma, se recupera el contenido anterior del acumulador de la memoria RAM y se regresa el control al subprograma interrumpido.

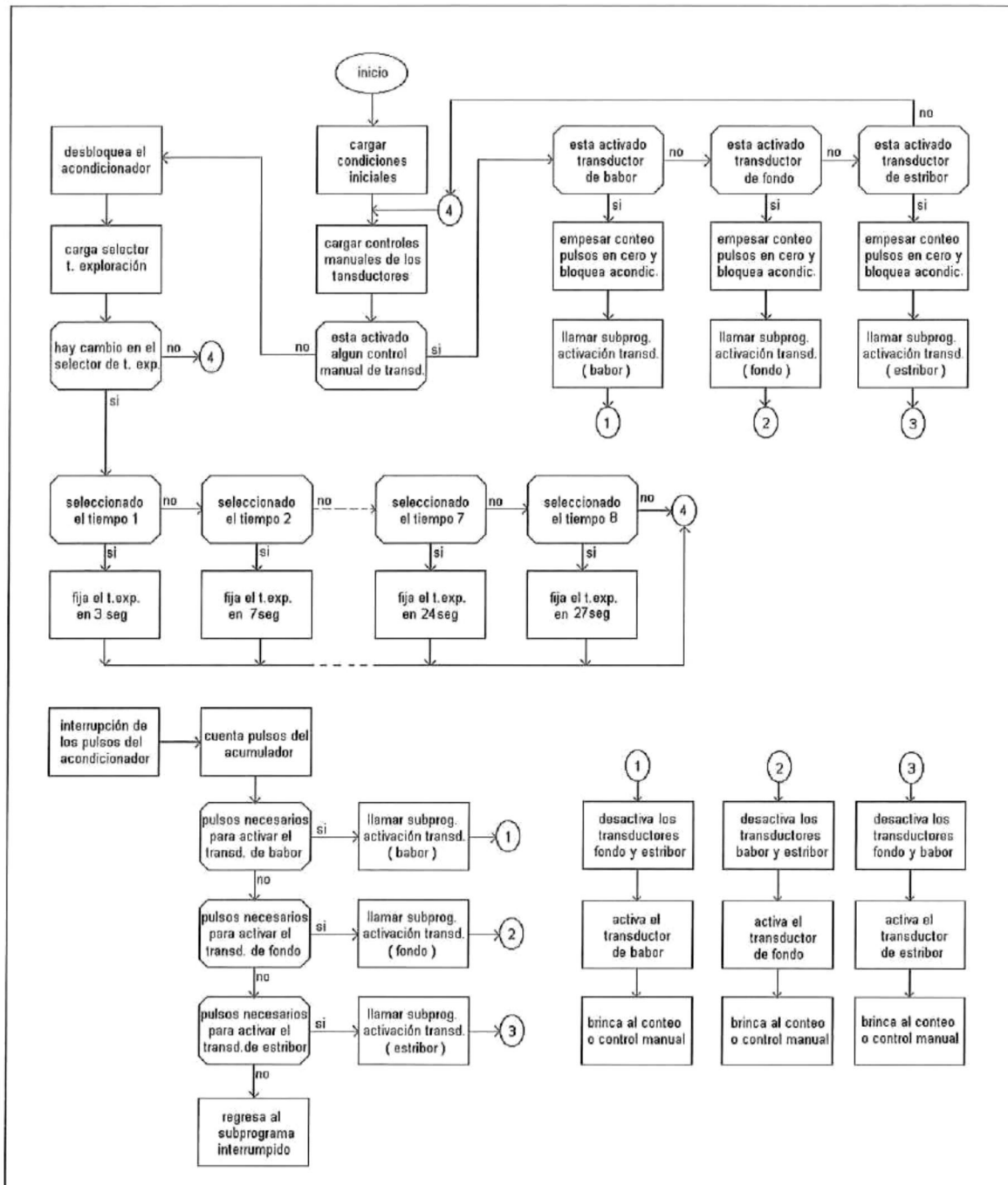


FIGURA 30. Diagrama de flujo del programa del conmutador de transductores.

A.4 PROGRAMA EN LENGUAJE ENSAMBLADOR PARA EL CONTROL DEL CONMUTADOR ELECTRÓNICO DE TRANSDUCTORES DEL SALC.

```

                ORG 000h                ; Inicio del programa.
                jmp c.inicial

                ORG 003h                ; Interrupción del pulso de control de la
                ajmp conteo             ; videosonda.

                ORG 040h                ; Condiciones iniciales.
c.inicial :    mov P3,#000h
                mov IE,#000h
                mov r0,#000h
                mov P1,#000h
                mov SP,60h              ; Comienzo del apuntador de la pila.
                mov B,#000h
                mov A,#000h
                mov 31h,#000h
                mov 32h,#000h
                mov 33h,#000h
                setb INTO                ; Habilita función alternativa de P3 ( INTO ).
                setb IT0                 ; Activa la interrupción 0 por flanco.
                clr IE0                  ; Limpia bandera de la interrupción 0.
                setb EA                  ; Habilita las interrupciones.
                setb EX0                 ; Habilita la interrupción externa 0.
                jmp c.manual

```

Subprograma para contar los pulsos de control de la videosonda y realizar la operación automática del conmutador.

```

conteo:        ORG 070h
                push ACC
                inc r0                   ; Incremento del contador de los pulsos de
                mov A,r0                 ; control.
                cjne A,31h,sigue1        ; Pulsos necesarios para activar el
                lcall babor              ; transductor de babor .
sigue1:        cjne A,32h,sigue2        ; Pulsos necesarios para activar el
                lcall fondo              ; transductor de fondo.
sigue2:        cjne A,33h,sigue3        ; Pulsos necesarios para activar el
                mov r0,#000h            ; transductor de estribor.
                lcall estribor
sigue3:        pop ACC
                reti

```

Subprograma para el control manual de los transductores.

```

c.manual:   ORG 090h
            mov A,P3                ; Revisa si esta activado un control manual.
            nop
            anl A,#11100000B
            jz t.explora            ; Brinca a cambiar tiempo de exploración.
            cjne A,#10000000B,fondo1 ; Esta activado el control manual de babor.
            jmp babor1
t.explora:  jmp t.explor

babor1:    ORG 0B0h
            mov A,P3                ; Revisa estado de la señal del acondicionador.
            nop
            anl A,#00000100B
            jnz babor1             ; Espera nivel bajo del acondicionador.
            mov r0,#000h           ; Empesar conteo en 0 para evitar translape.
            setb P3.4              ; Bloquea acondicionador.
            nop
            lcall babor            ; Llama subprograma de activación de transds.
            jmp c.manual

fondo1:    cjne A,#01000000B,estrib1 ; Esta activado el control manual de fondo.
            mov A,P3
            nop
            anl A,#00000100B
            jnz FONDO1            ; Espera nivel bajo del acondicionador.
            mov r0,#000h           ; Empesar conteo en 0 para evitar translape.
            setb P3.4              ; Bloquea acondicionador.
            nop
            lcall fondo           ; Llama subprograma de activación de transds.
            jmp c.manual

estrib1:   cjne A,#00100000B,c.manual ; Esta activado el control manual de estrobor.
            mov A,P3
            nop
            anl A,#00000100B
            jnz estrib1           ; Espera nivel bajo del acondicionador.
            mov r0,#000h           ; Empesar conteo en 0 para evitar translape.
            setb P3.4              ; Bloquea acondicionador.
            nop
            lcall estribor        ; Llama subprograma de activación de transds.
            jmp c.manual

```

Subprograma para cambiar el tiempo de exploración de los transductores.

```

t.explor:  ORG 120h
           clr P3.4                ; Desbloquea acondicionador.
           nop
           mov A,P1                ; Examinar selector del cambio del tiempo de
           nop                    ; exploración de los transductores.
           cjne A,B,tiempo1
           jmp c.manual

tiempo1:   mov B,A                ; Guardar en B el nuevo t. de exploración.
           cjne A,#00000001B,tiempo2 ; Si no esta seleccionado el t1 brinca a t2.
           mov 31h,#00Bh          ; 3 seg. de exploración para el transd.
           mov A,#00Bh            ; de babor.
           add A,31h
           mov 32h,A              ; 3 seg. de exploración para el transd.
           add A,31h              ; de fondo.
           mov 33h,A              ; 3 seg. de exploración para el transd.
           jmp c.manual           ; de estribor

tiempo2:   cjne A,#00000010B,tiempo3 ; Si no esta seleccionado el t2 brinca a t3.
           mov 31h,#015h          ; 7 seg. de exploración para el transd.
           mov A,#015h            ; de babor.
           add A,31h
           mov 32h,A              ; 7 seg. de exploración para el transd.
           add A,31h              ; de fondo.
           mov 33h,A              ; 7 seg. de exploración para el transd.
           jmp c.manual           ; de estribor.

tiempo3:   cjne A,#00000100B,tiempo4 ; Si no esta seleccionado el t3 brinca a t4.
           mov 31h,#020h          ; 10 seg. de exploración para el transd.
           mov A,#020h            ; de babor.
           add A,31h
           mov 32h,A              ; 10 seg. de exploración para el transd.
           add A,31h              ; de fondo.
           mov 33h,A              ; 10 seg. de exploración para el transd.
           jmp c.manual           ; de estribor.

tiempo4:   cjne A,#00001000B,tiempo5 ; Si no esta seleccionado el t4 brinca a t5.
           mov 31h,#02Bh          ; 14 seg. de exploración para el transd.
           mov A,#02Bh            ; de babor.
           add A,31h
           mov 32h,A              ; 14 seg. de exploración para el transd.
           add A,31h              ; de fondo.
           mov 33h,A              ; 14seg. de exploración para el transd.
           jmp c.manual           ; de estribor.

```

<pre> tiempo5: cjne A,#00010000B,tiempo6 mov 31h,#035h mov A,#035h add A,31h mov 32h,A add A,31h mov 33h,A jmp cmanual </pre>	<pre> ; Si no esta seleccionado el t5 brinca a t6. ; 17 seg. de exploración para el transd. ; de babor. ; 17 seg. de exploración para el transd. ; de fondo. ; 17 seg. de exploración para el transd. ; de estribor. </pre>
<pre> tiempo6: cjne A,#00100000B,tiempo7 mov 31h,#03Fh mov A,#03Fh add A,31h mov 32h,A add A,31h mov 33h,A jmp cmanual </pre>	<pre> ; Si no esta seleccionado el t6 brinca t7. ; 20 seg. de exploración para el transd. ; de babor. ; 20 seg. de exploración para el transd. ; de fondo. ; 20 seg. de exploración para el transd. ; de estribor. </pre>
<pre> tiempo7: cjne A,#01000000B,tiempo8 mov 31h,#04Bh mov A,#04Bh add A,31h mov 32h,A add A,31h mov 33h,A jmp cmanual </pre>	<pre> ; Si no esta seleccionado el t7 brinca a t8. ; 24 seg. de exploración para el transd. ; de babor. ; 24 seg. de exploración para el transd. ; de fondo. ; 24 seg. de exploración para el transd. ; de estribor. </pre>
<pre> tiempo8: cjne A,#10000000B,lazo2 mov 31h,#055h mov A,#055h add A,31h mov 32h,A add A,31h mov 33h,A lazo2: jmp c.manual </pre>	<pre> ; Si no esta seleccionado el t8 brinca L2. ; 27 seg. de exploración para el transd. ; de babor. ; 27 seg. de exploración para el transd. ; de fondo. ; 27 seg. de exploración para el transd. ; de estribor. </pre>

Subprograma para la activación de los transductores.

```
ORG 200h
babor:  clr P3.1           ; deshabilita transductor de fondo.
        nop
        clr P3.3         ; deshabilita transductor de estribor.
        nop
        setb P3.0        ; habilita transductor de babor.
        nop
        ret

fondo:  clr P3.0         ; deshabilita transductor de babor.
        nop
        clr P3.3         ; deshabilita transductor de estribor.
        nop
        setb P3.1        ; habilita transductor de fondo.
        nop
        ret

estribor:  clr P3.0      ; deshabilita transductor de babor.
           nop
           clr P3.1     ; deshabilita transductor de fondo.
           nop
           setb P3.3    ; habilita transductor de estribor.
           nop
           ret

        end
```

APÉNDICE B

VOLÚMENES DE COBERTURA DE LOS SISTEMAS DE ECOSONDEO.

Para realizar el cálculo de la cobertura de los sistemas de ecosondeo (videosonda, SALC y sonar) se utilizó como base las especificaciones del volumen de detección del transductor hidroacústico de 200 KHz proporcionadas en el manual de operación de la videosonda FCV – 663 [Furuno, 1992].

B.1 VOLUMEN DE COBERTURA DE LA VIDEOSONDA.

Primeramente, se calculó el volumen de exploración de la videosonda, utilizando la expresión matemática de la ecuación 2 y el cono que muestra la figura 31.

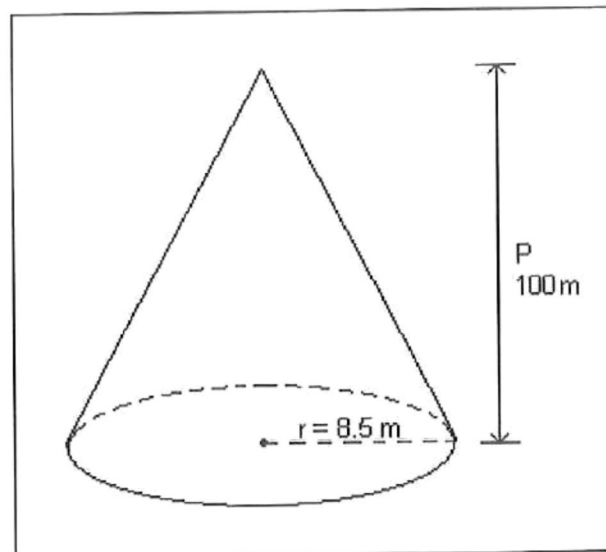


FIGURA 31. Volumen de cobertura de una videosonda.

$$V_v = \frac{1}{3 \pi r^2 P} \quad m^3 \quad (2)$$

$$= 0.33 (3.14)(8.5)^2 (100)$$

$$V_v = 7,562 \, m^3$$

Donde: V_v – Volumen de cobertura de la videosonda m^3 .

P – Profundidad m .

R – Radio del cono de exploración m .

B.2 VOLUMEN DE COBERTURA DEL SALC.

Seguidamente, se realizó el cálculo del volumen de detección del SALC, obteniéndose a partir del volumen de detección de la videosonda, utilizando la expresión matemática que muestra la ecuación 3, que es la suma de tres volúmenes de igual número de transductores.

$$V_{salc} = V_{TB} + V_{TF} + V_{TE} \quad m^3 \quad (3)$$

$$= (7,562) + (7,562) + (7,562)$$

$$V_{salc} = 22,687 \, m^3$$

Donde: VTB = Volumen de exploración del transductor de babor m^3 .
 VTF = Volumen de exploración del transductor de fondo m^3 .
 VTE = Volumen de exploración del transductor de estribor m^3 .
 Vsalc = Volumen de exploración del SALC m^3 .

B.3 VOLUMEN DE COBERTURA DEL SONAR.

Finalmente, se obtuvo el volumen de cobertura del sonar. Para calcularlo, se efectuó una aproximación con 7 pirámides, como lo muestran las ecuaciones 4, 5 y 6. En la figura 32, se observa la simulación del movimiento del transductor giratorio del sonar.

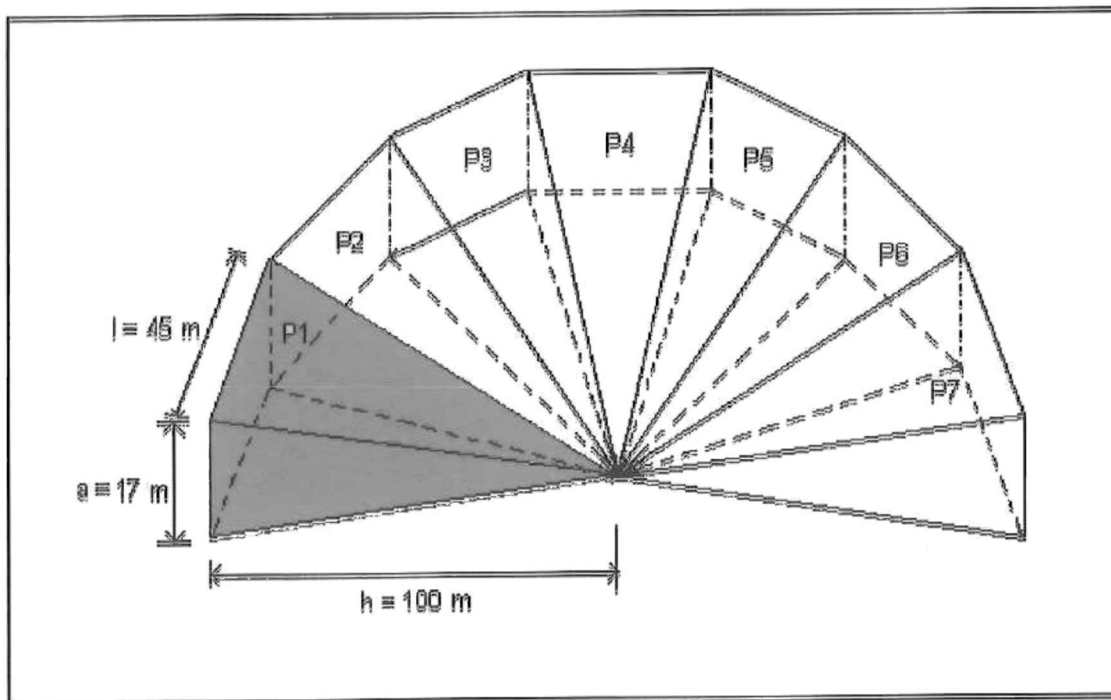


FIGURA 32. Volumen de cobertura del sonar.

$$A_p = la = (45) (17) = 533.8 \text{ m}^2 \quad (4)$$

$$V_p = \frac{1}{3} A_p h = 0.33 (533.8) (100) = 17,793 \text{ m}^3 \quad (5)$$

$$V_{\text{sonar}} = 7V_p = 7 (17,793) = 177,930 \text{ m}^3 \quad (6)$$

Donde: A_p – Área de la pirámide m^2 .
 V_p – Volumen de la pirámide m^3 .
 V_{sonar} – Volumen del sonar m^3 .
 l – largo de la base de la pirámide m .
 a – ancho de la base de la pirámide m .
 h – alto de la pirámide m .

APÉNDICE C

FORMATOS PARA LOS SONDEOS

En este apartado, se muestran los formatos para realizar las pruebas del ecosondeo marino, a continuación se muestra una breve explicación de cada uno de ellos:

- La tabla 7, muestra los parámetros fijados al SALC para realizar las pruebas de sondeo en el muelle de Ensenada y la bahía de Todos Santos, para obtener las imágenes que muestran la localización de cardúmenes y la distancia al muelle con respecto a una embarcación.
- La tabla 8, muestra los parámetros fijados al SALC para realizar las pruebas de sondeo, para obtener las imágenes que muestran los tiempos de exploración de los transductores.
- La tabla 9, muestra los parámetros fijados al SALC para realizar las pruebas de sondeo, para obtener las imágenes que muestran las pérdidas de señal de recepción a través del conmutador.

TABLA 7. Parámetros fijados al SALC para obtener las imágenes que muestran la localización de cardúmenes en la bahía de Todos Santos y la distancia entre una embarcación y el muelle de Ensenada.

Número de muestra	Tansductor	Frecuencia	Ganancia	Inclinación del transductor	Imagen
1	estribor	200 KHz	3.0	10°	figura 18
2	estribor	200 KHz	3.0	0°	figura 19
3	estribor	200 KHz	4.0	0°	figura 20

La inclinación de los transductores es con respecto a la superficie del mar.

TABLA 8. Parámetros fijados al SALC para obtener las imágenes que muestran los tiempos de exploración de los transductores.

Número de muestra	Transductor	Frecuencia	Ganancia	Tiempo de exploración	Conmutador	Imagen
1	con los tres transductores	200 KHz	2.0	20 S (pos. 6)	SI	figura 21
2	con los tres transductores	200 KHz	2.0	10 S (pos. 3)	SI	figura 22

Los tres transductores se orientan a 90° con respecto a la superficie del mar.

TABLA 9. Parámetros fijados al SALC para obtener las imágenes que muestran las pérdidas de señal de recepción a través del conmutador.

Número de muestra	Transductor	Frecuencia	Ganancia	Tiempo de exploración	Conmutador	Imagen
1	fondo	200 KHz	2.0	operación manual	NO	figura 23
2	fondo	200 KHz	2.0	operación manual	SI	figura 24

El transductor se orienta a 90° con respecto a la superficie del mar.

APÉNDICE D

ESQUEMAS DE LA CARCASA DEL SALC

En este apartado, se muestran los esquemas de las vistas de la carcasa del SALC, los cuales se listan a continuación:

- Vista superior, figura 33.
- Vista trasera, figura 34.
- Vista frontal, figura 35.
- Vista inferior, figura 36.
- Vistas laterales, figura 37.

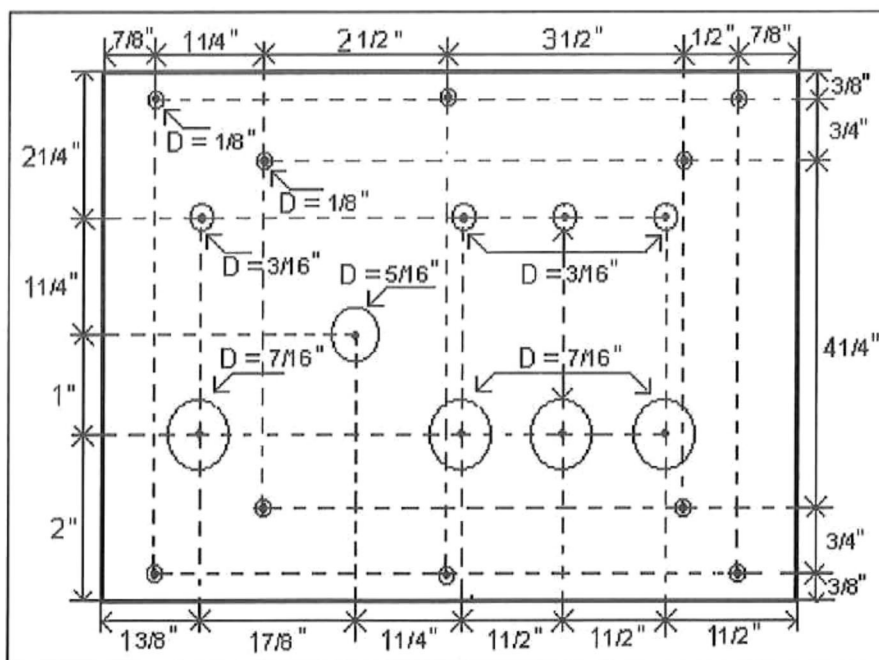


FIGURA 33. Vista superior de la carcasa del SALC.

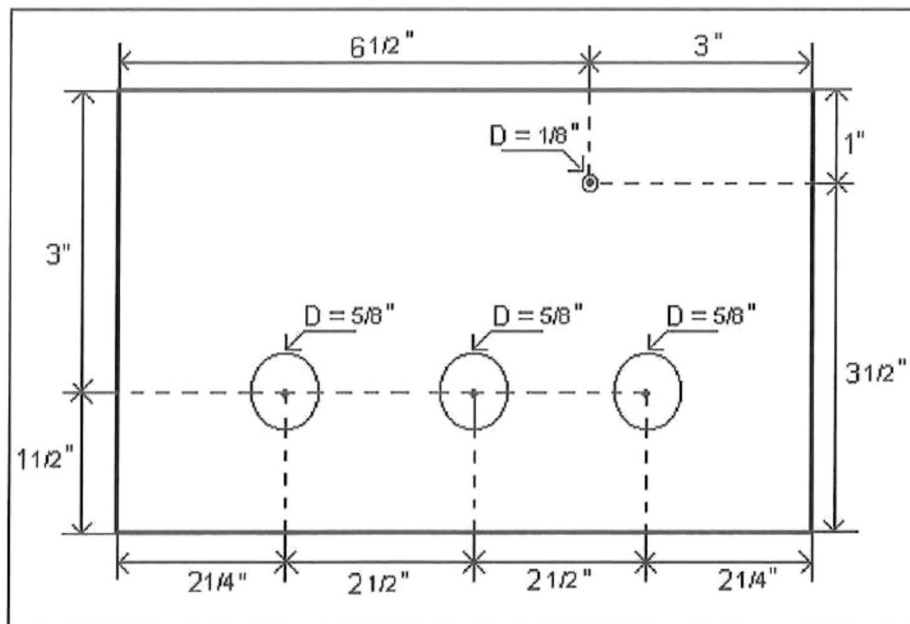


FIGURA 34. Vista trasera de la carcasa del SALC.

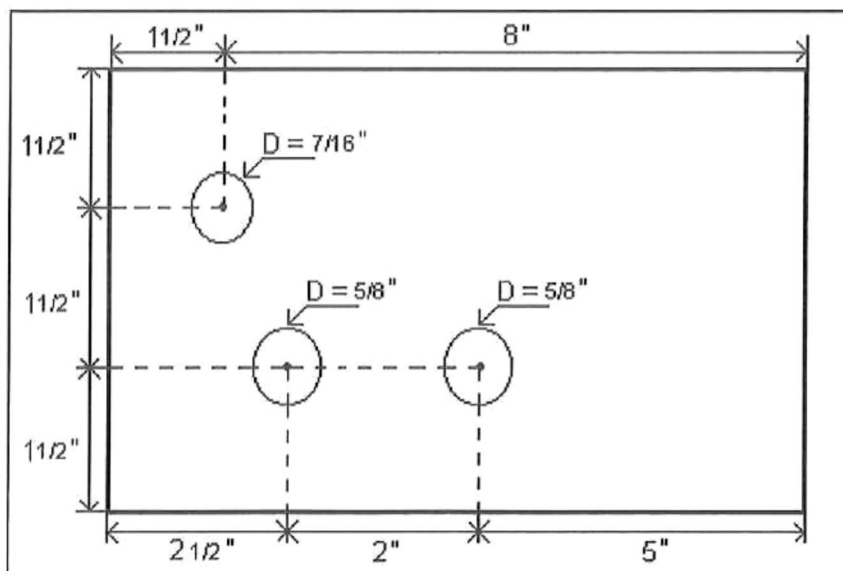


FIGURA 35. Vista frontal de la carcasa del SALC.

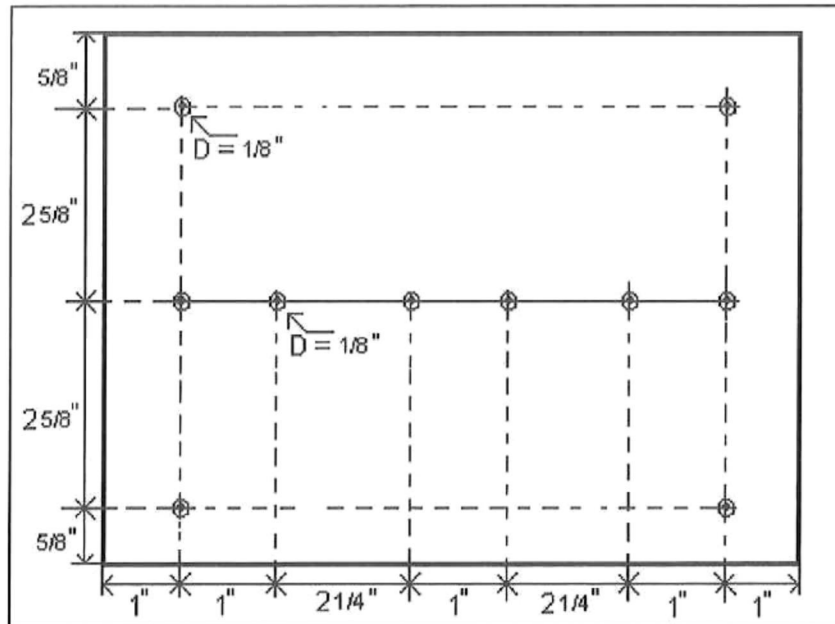


FIGURA 36. Vista inferior de la carcasa del SALC.

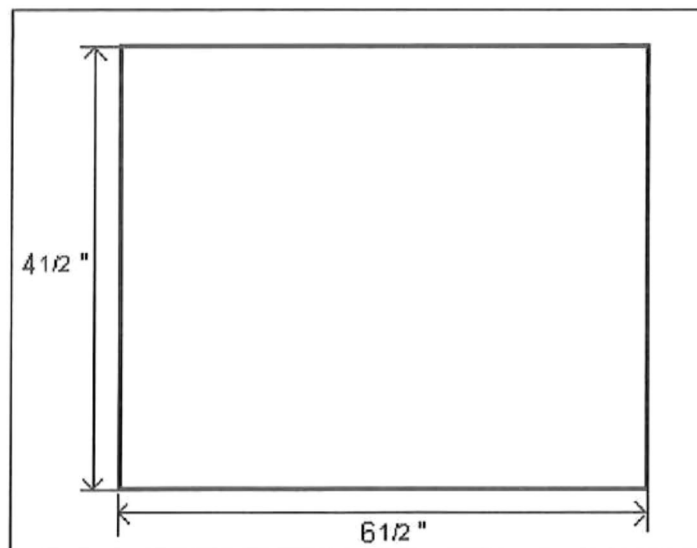


FIGURA 37. Vistas laterales de la carcasa del SALC.

Nota: las vistas laterales son idénticas, por lo cual únicamente se incluye una de ellas.

APÉNDICE E

PROPIEDADES DE LAS ONDAS HIDROACÚSTICAS

En este apartado, se describen las propiedades de las ondas hidroacústicas, tales como, reflexión, refracción, difracción, interferencia constructiva e interferencia destructiva.

E.1 REFLEXIÓN.

Es el cambio de dirección que experimentan las ondas hidroacústicas al chocar con una superficie elástica o sólida que se encuentra dentro del medio de propagación [Muñoz, 1991].

Para aclarar el concepto de reflexión se presenta el siguiente ejemplo. Supóngase que en un tanque con agua se produce una onda hidroacústica de pulsos rectos que se propaga en dirección de una barra (trozo de madera), como se muestra en la figura 38. Se observa, que cuando la onda llega a la barrera y choca, se refleja provocando una onda de iguales características que la original. En forma experimental, se puede medir el ángulo que dicha onda forma con la normal de la barrera; a este ángulo se le denomina ángulo de incidencia (θ_i). Igualmente, podemos medir el ángulo que forma la onda reflejada y notaremos que es igual al de la onda original. En este caso, le llamaremos ángulo reflejado (θ_r).

E.2 REFRACCIÓN.

Es el cambio de dirección de las ondas hidroacústicas debido a las variaciones en la velocidad de propagación, que se presentan cuando hay cambios de densidad, temperatura o presión en el medio en que se propagan [Muñoz, 1991].

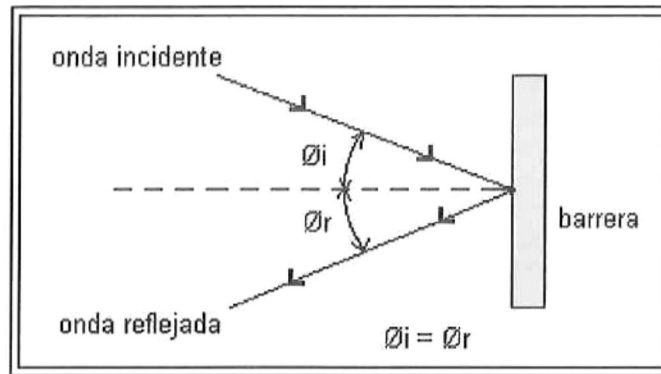


FIGURA 38. Esquema de reflexión.

Supóngase que en un tanque con agua se tienen dos zonas. Una zona de menor densidad y menor profundidad (zona 1), y otra de más densidad y mayor profundidad (zona 2), como se ilustra en la figura 39.

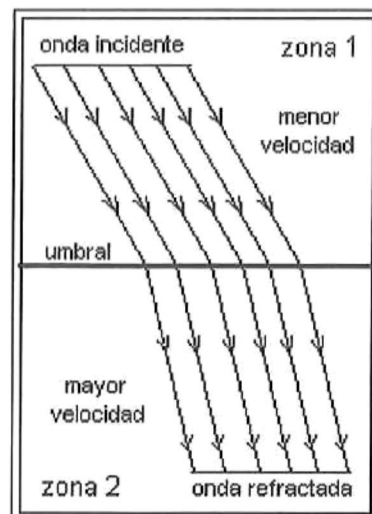


FIGURA 39. Esquema de refracción.

Al hacer que una onda hidroacústica se desplace por el tanque, se encontrará que la velocidad de la onda en la región más profunda es mayor que en la región de menor profundidad.

E.3 DIFRACCIÓN.

Es el cambio de dirección que presentan las ondas hidroacústicas al rodear un objeto que se encuentra dentro del medio de propagación [Muñoz, 1991].

Considérese el caso de ondas hidroacústicas que se desplazan en la superficie de un líquido dentro de un tanque, como se observa en la figura 40. Las ondas encuentran una barrera que interrumpe la propagación de algunas de ellas. Se observa, que las ondas que pasan por un lado de la barrera, la rodean. Es decir, las ondas que no se interrumpieron cambian su dirección inicial de propagación.

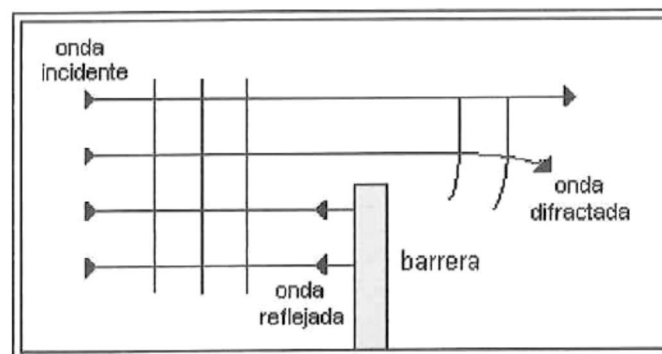


FIGURA 40. Esquema de difracción.

E.4 INTERFERENCIA.

Es la propiedad de mezclar dos ondas acústicas; situación en la cual una onda influye en la otra y viceversa. Esta propiedad del sonido adopta dos formas; la

la interferencia constructiva y la interferencia destructiva [Muñoz, 1991].

E.4.1 INTERFERENCIA CONSTRUCTIVA.

La interferencia constructiva, se presenta cuando dos ondas hidroacústicas que están en fase se unen formando otra de mayor amplitud, que cualquiera de las dos ondas que se están sumando [Muñoz, 1991].

Supóngase que en un tanque lleno de agua se encuentran dos fuentes de sonido, que emiten ondas hidroacústicas del mismo tono, como se observa en la figura 41. Esto quiere decir que las ondas tienen la misma frecuencia y misma amplitud. Considérese también que el desplazamiento de las ondas es en la misma dirección.

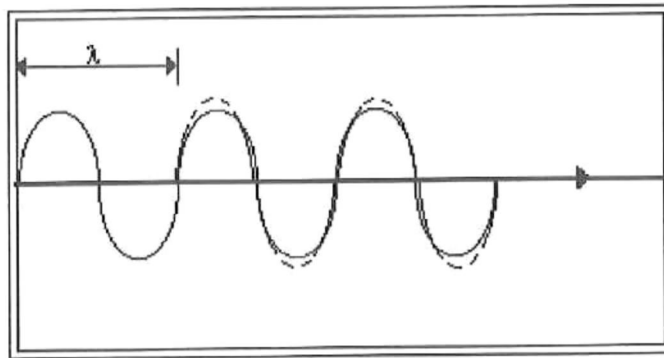


FIGURA 41. Esquema de interferencia constructiva.

Las dos fuentes de sonido tienen una posición exactamente igual a la distancia de la longitud de la onda; por lo cual las oscilaciones están en fase. Las variaciones de presión en el agua, causadas por las dos fuentes sonoras van a reforzarse una

a la otra; dando como resultado una onda de mayor amplitud que cualquiera de las dos ondas que la están formando.

E.4.2 INTERFERENCIA DESTRUCTIVA

Esta interferencia se presenta cuando dos ondas hidroacústicas desfasadas se unen y las presiones provocadas por una son reducidas por la otra, provocando que los sonidos se reduzcan o se eliminen [Muñoz, 1991]. En un tanque con agua se tienen dos fuentes de sonido, que tienen entre sí una distancia que corresponde a la mitad de la longitud de la onda, como se ilustra en la figura 42. Las señales producidas se suman; pero como están desfasadas, cuando una fuente aumenta su presión en el agua, el sonido de la otra fuente disminuirá la presión al mismo tiempo.

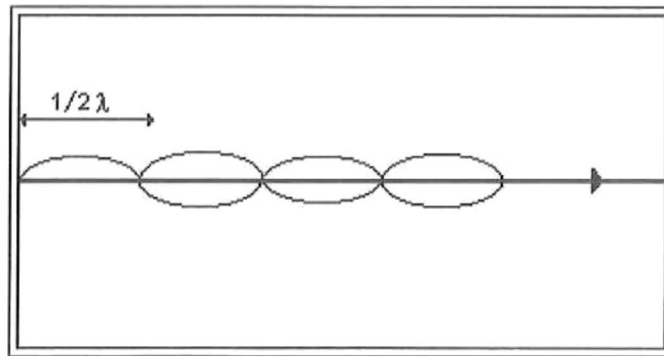


FIGURA 42. Esquema de interferencia destructiva.

Cuando ambas fuentes producen sonido con las mismas amplitudes, el aumento de presión causado por una fuente y la reducción de presión causada por la otra, hacen que se elimine un sonido del otro; obteniéndose como resultado ningún sonido.

APÉNDICE F

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

- **ACONDICIONADOR DE SEÑAL ELECTRÓNICO.**

Es un circuito electrónico que modifica una señal para facilitar su procesamiento por otros circuitos electrónicos.

- **ACTUADOR ELÉCTRICO.**

Es un transductor que forma parte de un sistema eléctrico, el cual amplifica la potencia eléctrica para poder gobernar a una planta.

- **CARDUMEN.**

Es un grupo de peces que nadan juntos y habitan principalmente en el mar, en lagunas o estanques, entre otros lugares.

- **CONMUTADOR ELÉCTRICO.**

Es un dispositivo eléctrico, que puede ser operado como sistema, circuito o elemento, con una o más entradas y dos o más salidas, que al ser programado u operado es capaz de enrutar la entrada o entradas a cualquiera de las salidas.

- **DOMOSÓNICO.**

Es un elemento, que en su interior alberga un transductor o arreglo de transductores, que forman parte del sonar.

- ECOSONDA.

Es un sonar unidireccional vertical, con solo un transductor hidroacústico fijo, que tiene la capacidad de medir la profundidad del fondo marino y de localizar cardúmenes únicamente debajo de las embarcaciones.

- EMBARCACIÓN PESQUERA.

Es una nave acuática, que se utiliza para localizar y capturar cardúmenes.

- ONDAS HIDROACÚSTICAS.

Señales que se desplazan en el espacio marino; contienen frecuencias dentro de la banda ultrasónica y varían su amplitud respecto al tiempo.

- RECEPTOR ELECTRÓNICO.

Es un sistema electrónico de baja potencia, que recibe información (voz, imágenes, datos, entre otros) por medio de señales electromagnéticas.

- SEÑAL DE VIDEO.

Es una señal eléctrica, que contiene las tonalidades de una imagen y se utiliza en sistemas de televisión, videocaseteras, ecosondas y radares, entre otros sistemas.

- SEÑAL DIGITAL.

Es una señal eléctrica, que puede tomar únicamente dos valores (0,1) y se utiliza en los sistemas y circuitos digitales.

- SISTEMA ELÉCTRICO.

Es un conjunto de elementos eléctricos relacionados entre sí con el propósito de realizar un trabajo o función.

- SONAR.

Es un equipo hidroacústico, que localiza cardúmenes alrededor de una embarcación, y que determina la profundidad del fondo marino, entre otras funciones; para ello, utiliza arreglos de transductores o un transductor giratorio, entre otras técnicas.

- TRANSDUCTOR HIDROACÚSTICO.

Es un convertidor de energía, que transforma una señal eléctrica en ondas hidroacústicas y viceversa. Es un elemento que forma parte de un sistema utilizado para sondear el espacio marino, como una ecosonda o un sonar.

- TRANSMISOR ELECTRÓNICO.

Es un sistema electrónico de alta potencia, que transmite información (voz, imágenes, datos, entre otros) por medio de señales electromagnéticas.

- VIDEOSONDA.

Es una ecosonda, que utiliza el vídeo para presentar las imágenes o información del sondeo marino .

BIBLIOGRAFÍA

1. MITSON, R.B.
Fisheries sonar.
Fishing News Books Ltd.
England, 1983.
2. MUÑOS, Altamirano Ma. Gabina.
Ecodetección I y II.
SEP, Serie de Textos Didácticos en Ciencia y Tecnología del Mar.
México 1991.
3. FURUNO, Electric Co., Ltd.
Operator's manual for color video sounder FCV-663.
Japan, 1992.
4. FURUNO, Electric Co., Ltd.
Service manual for color searchlight sonar CH-18.
Japan, 1989.
5. FURUNO, Electric Co., Ltd.
Service manual for color multi-sector scanning sonar CH-12.
Japan, 1983
6. FURUNO, Electric Co., Ltd.
Service manual for color video sounder FCV 667 / 668.
Japan, 1994
7. FURUNO, Electric Co., Ltd.
Manual del operador para la videosonda a color FCV-271.
Japon, 1991
8. STEWART, James W. and MIAO, Kai X.
The 8051 microcontroller hardware, software and interfacing.
Prentice-Hall, Inc.
USA, 1999.
9. MARTÍNEZ, Victoriano A.
Desarrollo y programación de sistemas digitales, Familia de
microprocesadores Intel MCS 51, 8031-8051-8751.
RA -MA.
España, 1993.

10. MATRA MHS SA.
8 Bit microcontrollers.
France, 1993.
11. PREDKO, Myke.
Handbook of microcontrollers.
USA, 1997.
12. NTE.
Semiconductors cross-reference.
USA, 1997.
13. TOCCI, Ronald J.
Sistemas digitales; principios y aplicaciones.
Pearson educación.
México, 1996.