

Diseño de un Laboratorio de Motores Eléctricos para Ensayos; Mantenimiento y Reparación y Análisis de Factibilidad para la Implementación.

Luis Villalva⁽¹⁾, Orlando Garrido⁽²⁾, Jorge Aragundi⁽³⁾.
Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación (FIEC)⁽¹⁾⁽²⁾,
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)⁽¹⁾⁽²⁾,
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador⁽¹⁾⁽²⁾,
email: lvillalv@fiec.espol.edu.ec⁽¹⁾, ivangarridoec2001@yahoo.com⁽²⁾,
⁽³⁾Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL),
⁽³⁾Director de Tesis, Ingeniero en Electricidad Especialización Potencia (ESPOL, Guayaquil-Ecuador),
⁽³⁾Maestría en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica (UNIFEI – Brasil),
⁽³⁾email: jwaragun@fiec.espol.edu.ec

Resumen

En la actualidad la Armada del Ecuador no posee un medio efectivo para el mantenimiento, monitoreo y reparación de motores eléctricos que se tienen en las unidades de la Escuadra naval, por estas circunstancias creemos necesario que la Armada debe contar con una instalación eficiente y confiable donde se demuestre por medio de ensayos, guiados por normas estándares, las condiciones reales de los motores eléctricos tanto nuevos como reparados.

Ante dicha necesidad el presente trabajo tiene como objetivo, diseñar un laboratorio de ensayo, reparación y mantenimiento de motores eléctricos para las unidades de la Comandancia de la Escuadra Naval.

Palabras Claves: Armada, Escuadra naval, normas, ensayos, factibilidad económica.

Abstract

At present the Navy of Ecuador does not have an effective means for the maintenance, monitoring and repair of electric motors which are of the Navy ship ware of Ecuador, naval squadron, for these circumstances we believe it is necessary that the Navy must have an efficient and reliable installation where it is demonstrated through testing, guided by norms, standards, the actual conditions of the electric motors both new and repaired. With that need this paper aims to design and implement a testing laboratory, repair and maintenance of electric motors for units of the Command of the Naval Squadron five. Finally, the Chapter six describes the economic, budgets and lab economic feasibility.

Keywords: Navy, Naval Squadron, standards, testing, economic feasibility.

1. Introducción.

Se ha podido detectar que por la falta de equipos modernos que permitan ser óptimos en el mantenimiento y reparación de maquinaria eléctrica, no se han podido recuperar motores eléctricos importantes en los sistemas que tienen las unidades navales para su operación.

Debido a la urgencia de cubrir estas necesidades se realizará un análisis de la demanda del número de órdenes de trabajo de electricidad, desde el año 2003 hasta el 2006, solicitadas por las unidades navales de la Comandancia de Escuadra, la que permitirá establecer el mercado cautivo que poseerá el laboratorio en mención. Cabe destacar que no solo existen motores en la Escuadra Naval, sino también en Unidades del Cuerpo de Guardacostas y Escuadrón de

Submarinos por lo cual hacen suponer que la demanda de prestación de servicios del laboratorio tendrá verdaderamente un alto porcentaje.

Luego con la elaboración del prediseño, se determinará los espacios físicos y la distribución de los mismos considerando como factor preponderante, el tiempo mínimo a realizar cada tarea, para luego elaborar el diseño del laboratorio que abarcará la parte arquitectónica, estructural y eléctrica.

Se describirán los equipos a utilizarse, normas de ensayos, normas de seguridad, prevención de incendios, primeros auxilios.

Se considerará el total de facturación que se obtuvo por los servicios efectuados al final del año 2006, conciliando los valores entre ASTINAVE y la DIMARE, sirviendo estos datos como base para proyectar los ingresos posibles de los años siguientes, junto con la otra variable, que es el número de órdenes de trabajo para el laboratorio.

Con los presupuestos y cotizaciones se estimará los costos aproximados de equipos, maquinaria y construcción, necesarios para implementar el laboratorio deseado, y mediante un análisis económico, se obtendrán los valores de las variables del VAN y el TIR, lo que determinará si es realizable o no la construcción del laboratorio.

2. Antecedentes.

La Armada del Ecuador, tiene dos organismos que se encargan del mantenimiento y reparación de los motores eléctricos de las unidades de la Escuadra Naval, estos son: ASTINAVE y Maestranza.

El 29 de diciembre de 1972 mediante decreto supremo No. 1513 se crea "ASTILLEROS NAVALES ECUATORIANOS" (ASTINAVE), como Institución de derecho Público con personería jurídica, patrimonio propio y con domicilio en la ciudad de Guayaquil.

La renovación de las unidades de la Armada del Ecuador y de las pertenecientes a la Flota Naviera Nacional, con buques nuevos y poseedores de equipos y maquinaria de alta tecnología, ha demandado a través de los años de la empresa la permanente capacitación del personal que labora en ASTINAVE.

A continuación se muestra el resumen de números de fallas ocurridas en los últimos cuatro años.

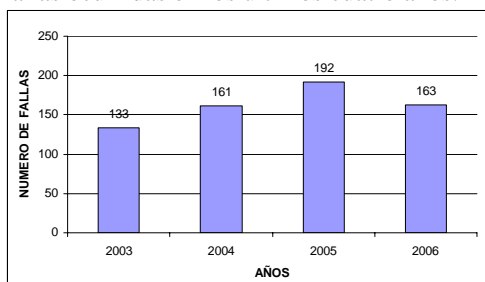
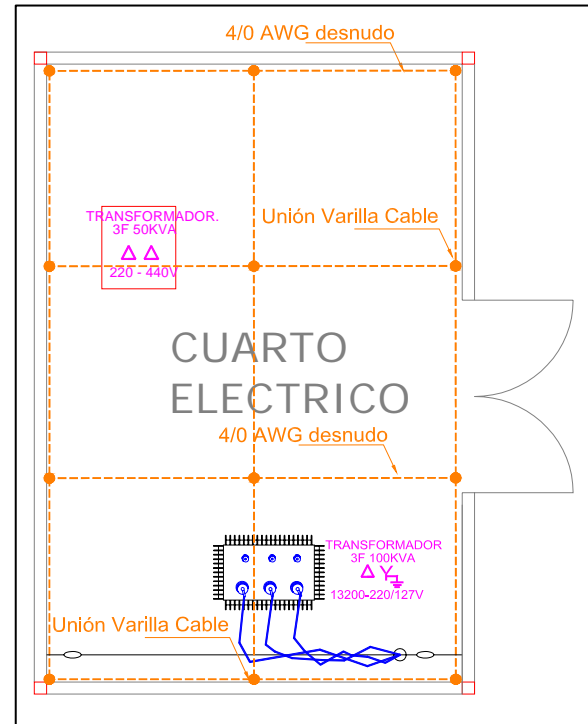


Figura 1. Gráfico # de motores vs # de fallas en 2003.

3. Prediseño.

Para tener una idea global del desarrollo de las actividades, equipos y herramientas que se utilizan, tenemos que encontrar tipos de espacios precisos que nos ayuden a un entendimiento de la constitución de todo el laboratorio.

Los tipos de espacios son muy importantes ya que van a delimitar al laboratorio en su parte física, a mas de clasificar las tareas a realizarse en cada área, dando ideas preliminares de cómo será el proceso de trabajo en el laboratorio y así, buscar la mejor localización de cada tipo de espacio dentro del mismo, considerando siempre la optimización del tiempo en las tareas a realizarse y analizando la atención al cliente, ensayos,



mantenimientos, flujo de maquinaria y flujo del personal.

Para deducir los tipos de espacios precisos, nos hemos valido de investigaciones, experiencias vividas y tareas a realizarse en el laboratorio.

Una vez definidos los espacios, se muestra el siguiente organigrama:

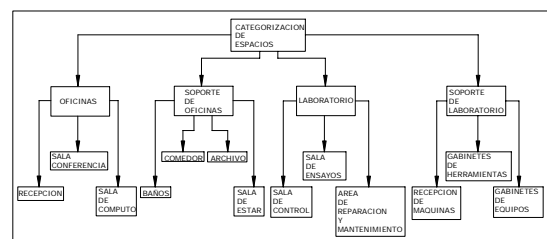
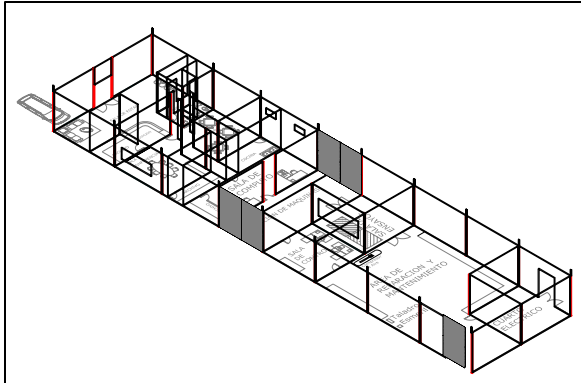


Figura 2. Organigrama de categorización de espacios del laboratorio.

4. Conformación del Diseño.

El diseño general de todo el laboratorio, tiene esquemas, civiles y eléctricos.

Una de las partes más importantes de un proyecto es el diseño eléctrico, el cual nos ayudará a determinar las necesidades eléctricas de las instalaciones. El concepto de instalación eléctrica la podríamos definir como el conjunto de elementos que permite transportar y



distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan.

Figura 3. Vista 3D del laboratorio.

Entre estos elementos se incluyen: tableros, disyuntores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, soportería entre otros.

Figura 4. Diseño de malla de puesta a tierra en el cuarto eléctrico.

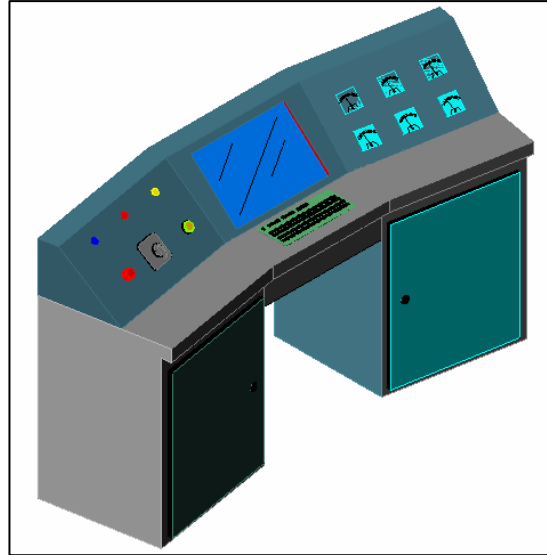
Entonces se procede al diseño de la consola de control de ensayos. En esta consola se alojarán los medidores de voltajes y corrientes, tipo análogo, para siempre estar en constante monitoreo del comportamiento de cualquier línea que se requiera. Además un selector de tres posiciones para la elección del arranque ya sea directo, estrella triángulo o con variador de frecuencia, también consta de luces pilotos, y un reóstato para variar la carga aplicada a la máquina, los pulsadores de arranque y parada y por supuesto una PC.

A continuación se muestra un gráfico de la consola de control:

Figura 5. Diseño de la mesa de control.

5. Seguridad del laboratorio.

El tratado de los peligros, la electrofisiología y la prevención de accidentes eléctricos requiere la comprensión de varios conceptos técnicos y médicos. Las definiciones de los términos electrobiológicos que



se dan a continuación están tomadas del Vocabulario electrotécnico Internacional.

Un **choque eléctrico** es el efecto fisiopatológico resultante del paso directo o indirecto de una corriente eléctrica externa a través del cuerpo. Comprende contactos directos e indirectos y corrientes unipolares y bipolares.

El término **electrocución** debe reservarse para casos seguidos de muerte; de los individuos (vivos o fallecidos) que han experimentado descargas eléctricas se dice que han sufrido **electrificación**.

La principal causa de muerte es el colapso de la circulación periférica que sigue a la fibrilación ventricular, esta se presenta cuando no se aplica masaje cardíaco al mismo tiempo que la respiración boca a boca.

Una lesión por corriente eléctrica es el daño que se produce cuando una corriente eléctrica atraviesa el cuerpo y quema el tejido o interfiere el funcionamiento de un órgano interno.

La corriente eléctrica que atraviesa el cuerpo genera calor, pudiendo quemar gravemente los tejidos y destruirlos. Una descarga eléctrica puede producir un cortocircuito en los sistemas eléctricos del organismo, provocando una interrupción en el funcionamiento del corazón (paro cardíaco).

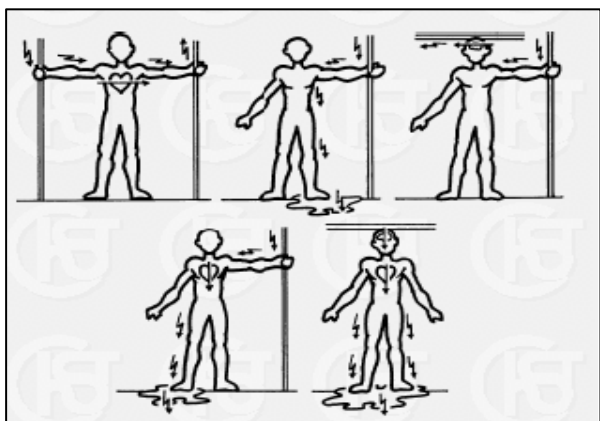


FIGURA 6. Recorrido de la corriente por el cuerpo humano.

El personal que va a combatir los incendios en caso de que se produzcan necesita estar protegido de la mejor forma posible, para protegerse de los efectos de:

- Calor

- Gases tóxicos o la falta de oxígeno.
- Pérdida de visibilidad.
- Pérdida de comunicaciones.
- Daños físicos, especialmente en la cabeza.

Para cubrirse de estos efectos el personal tiene que tener los equipos calificados para esta acción.

En todo lugar en el que existe una instalación eléctrica, en el que se manejan diferentes voltajes y equipos eléctricos, se pueden producir accidentes fortuitos, siendo algunos de ellos: incendio, paro cardíacos, paros respiratorios, caídas, fracturas.

Los **primeros auxilios** son los cuidados inmediatos que se proporcionan a una persona en caso de accidentes o enfermedades repentinas, previos a la atención médica.

Dentro de los objetivos de la aplicación de los primeros auxilios tenemos:

- Prevenir invalidez permanente o temporal.
- Propender a una pronta recuperación.
- Evitar la muerte.

El mejor medio de alcanzar estos objetivos consisten en:

- Acción rápida y sereno acercamiento.
- Una veloz evaluación de la situación y del accidentado.
- Un correcto diagnóstico de las condiciones, basado en las historias del accidente, los síntomas y señales.
- Un inmediato y apropiado tratamiento de cualquier estado.
- Una adecuada posición del accidentado de acuerdo con la lesión o el estado.

6. Métodos de ensayos aplicados a motores eléctricos de inducción.

La experiencia y datos obtenidos a partir de las inspecciones y ensayos realizados regularmente pueden proporcionar, adicionalmente a la evaluación del estado actual de la máquina, algunas indicaciones sobre las tendencias a largo plazo y las posibles necesidades futuras de reparación y/o reemplazo.

De los distintos componentes que componen un motor de inducción, el sistema aislante es el que se presenta más susceptible al envejecimiento o al daño.

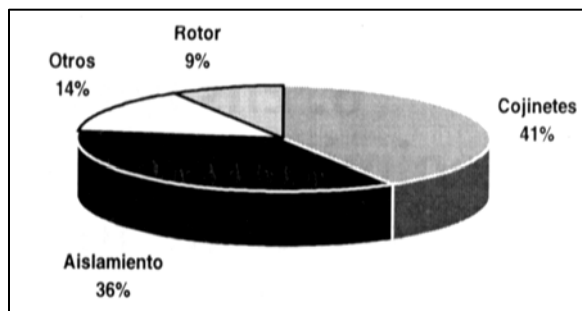


FIGURA 7. Distribución de fallas en los motores de inducción.

En aquellos casos que se requiera una alta fiabilidad de servicios, un programa de ensayos que incluya el desmontaje y reconocimiento visual de los componentes del equipo, junto con la aplicación de ensayos eléctricos de probada efectividad es imprescindible. Es necesario apuntar que ciertos ensayos requieren la aplicación de tensiones superiores a la nominal, lo cual puede ocasionar daños en los aislamientos que se encuentren contaminados o con un cierto grado de deterioro. Este detalle ha de tenerse en cuenta a la hora de configurar un programa de ensayos. Las especificaciones de una máquina eléctrica deben reflejar las condiciones mecánicas, eléctricas y ambientales en que trabajará, ya que estos aspectos tienen una conexión directa con sus mecanismos de fallo en servicio.

Dentro de los métodos de diagnóstico podemos considerar básicamente dos posibilidades: métodos normalizados y métodos subjetivos. Los primeros están basados en los resultados obtenidos de una serie de instrumentos y análisis, mientras que los segundos dependen en gran medida de las características individuales de los técnicos y especialmente de su experiencia.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de normas que se utilizan en los diferentes ensayos.

TABLA 1. Resumen de normas.

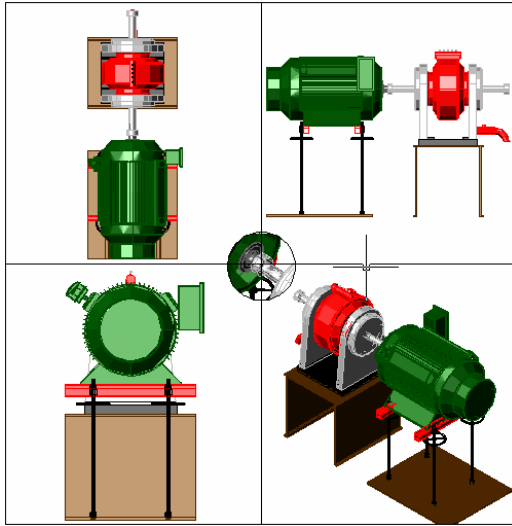
Asunto	NORMAS	
	IRAM	IEC
Métodos de Ensayo	2125	34.2- Determinación de las características- Método de ensayo.
Límites de vibración		34.14- Vibración mecánica.

Un ensayo aplicado a un motor sirve para confrontar los datos o curvas características y límites de funcionalidad obtenidos de una máquina durante los ensayos, con los datos de fabricación, y así de este modo determinar por medio del análisis de los resultados el estado en que se encuentra dicho motor. El equipo que realiza los ensayos es el freno dinámico, el cual es el corazón del laboratorio de ensayos de motores de cualquier tipo, ya sea eléctrico o mecánico.

FIGURA 8. Freno Dinamométrico tipo Polvo Magnético.

A continuación se nombran los diferentes tipos de ensayos:

- Ensayo de rutina.



- Ensayo de calentamiento.
- Ensayo del sistema de aislamiento.
- Ensayo especial.

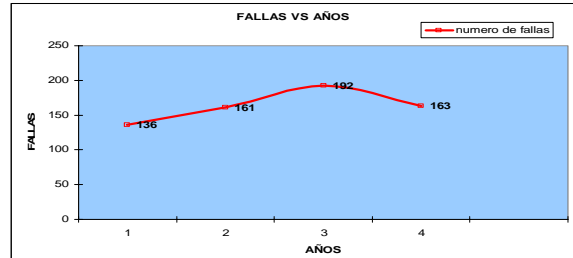
7. Análisis económico de factibilidad.

El mercado, como conocemos se basa en el juego fundamental de la oferta y la demanda. Para este trabajo, se ha centrado en el estudio de la oferta y la demanda en un mercado para el mantenimiento y reparación de motores eléctricos.

En la obtención de la demanda de cualquier servicio o bien, siempre habrá varias variables que intervienen en el proceso, teniendo que dentro de las variables pueden ser mantenimiento, horas de funcionamiento, molestias que ha tenido, circunstancias de trabajo, y el precio, pero para facilitar el estudio o para determinar la demanda se aplica el concepto de **ceteris paribus**, que significa que todas las variables permanecen constantes excepto el precio de un servicio o bien, por lo tanto el precio de mantenimiento y/o reparación de motores es el que marcará la demanda que podría tener el laboratorio.

Cabe mencionar que la curva de fallas vs años aumenta no es en forma lineal como se aprecia en la curva de color rojo, lo que explica que el número de fallas en los equipos depende de las circunstancias de trabajo y de operación de los equipos.

FIGURA 9. Curva fallas vs años.



A
es
ta
c
ur
v
a,
se
le
a
gr
e
g
ar
a
u
n
a

te
n
d
e
n
ci
a
li
n
e
al
,
la
m
is
m
a
q
u
e
se
pr
es
e
nt
a
d
e
c
ol
or
n
e
gr
o,
c
u
y
a
e
c
u
a
ci
ón
li
n
e
al
es
Y
= 1
1,
2

(x
)
+
1
3
5.

2.011	2.880
2.012	2.880
2.013	2.880
2.014	2.880
2.015	2.880
2.016	2.880

TABLA 2. Proyección de números de fallas hasta el año 2011.

Una vez obtenido el flujo de caja se calculan los indicadores de la rentabilidad del proyecto que son el TIR (tasa interna de retorno) y el VAN (valor actual neto).

Tabla 5.

(x)	AÑO	Y= F(X)
1	2003	135
2	2004	161
3	2005	169
4	2006	180
5	2007	191
6	2008	202
7	2009	213
8	2010	225
9	2011	236

Indicadores de rentabilidad.

TIR	18%
VAN	\$1.710,93

TABLA 3. Calculo del flujo de caja.

-	INVERSION INICIAL
+	INGRESOS POR REPARACION
-	COSTOS PRIMOS
-	COSTO DE OTROS INSUMOS
-	COSTO DE MANTENIMIENTO
=	UTILIDAD OPERATIVA
-	GASTOS DE DEPRECIACION
=	UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO
-	IMPUESTOSA LA RENTA
=	FLUJO DE EFECTIVO

El flujo de caja durante los años de vigencia del proyecto es el siguiente:

Tabla 4. Flujo de caja (cantidades en miles dólares).

AÑO	FLUJO NETO DE EFECTIVO
2.004	-5.050
2.005	-3.314
2.006	1.618
2.007	2.880
2.008	2.880
2.009	2.880
2.010	2.880

Conclusiones.

1.- Los talleres eléctricos que dispone la Armada del Ecuador no están en óptimas condiciones, para permitir el mantenimiento y reparación de los motores eléctricos que disponen las Unidades Navales, impidiendo satisfacer la demanda que presentan dichas unidades.

2.- El bajo volumen de solicitudes de trabajo referente a electricidad, que recibe ASTINAVE Y MAESTRANZA por parte de la DIMARE, permite visualizar la falta de confianza y garantía en estos talleres eléctricos con respecto a tiempo de entrega de los trabajos.

3.- El contar con un moderno laboratorio de prueba de motores eléctricos, con tecnología de vanguardia, que cubra las expectativas y necesidades de los usuarios, permitirá brindar productos con excelencia y garantía, teniendo siempre como primer objetivo cubrir las expectativas del cliente.

4.- El mantenimiento o reparación de los motores se realizaran de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos, que son apegados estrictamente a las normas vigentes establecidas por organizaciones técnicas, garantizando cada uno de los trabajos realizados.

5.- El presente trabajo en el capítulo seis muestra los resultados de un análisis obtenido de factibilidad económica, aplicando los conceptos del VAN y el TIR, concluyendo que es económicamente viable el proyecto de implementación del laboratorio.

6.- El análisis de factibilidad económica, con la demanda del mercado estimado y aplicando los conceptos económicos, muestra que el capital de inversión se recupera en siete años.

7.- Este trabajo contribuirá a la Armada en la disminución del porcentaje de falla en un motor eléctrico en sus unidades, ayudando de esta manera al cumplimiento de sus objetivos, que son brindar seguridad y custodiar nuestra soberanía.

Referencias.

- [1]. CHAPMAN Stephen, “Máquinas Eléctricas” Editorial Mc. Graw Hill, Impreso en Colombia.
- [2]. DIAZ Pablo, “Soluciones Prácticas para la Puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos de Distribución” Editorial Mc. Graw Hill, Impreso en México.
- [3]. “Enciclopedia de Seguridad en el Trabajo” Capítulo 40. Editado por Dominique Folliot. (40.1-40.17).
- [4]. FERNÁNDEZ CABANAS Manés, “Técnicas para el Mantenimiento y Diagnóstico de máquinas eléctricas rotativas” Editorial Marcombo S.A. Impreso en España.
- [5]. “Guía General para Combatir Incendio A Bordo de las Unidades de Superficie” Editado por la Escuadra Naval. 2006. 110 páginas.
- [6]. INECEL, “Guía de diseño” Impreso en Ecuador.
- [7]. LARROULET Cristian, “Economía” Editorial Mc. Graw Hill, Impreso en España.
- [8]. MARISCAL Cristóbal, “Formulación y Evaluación de Proyectos” Editado por el Centro de Difusión y Publicaciones de la ESPOL. 2004. 104 páginas. Disponible en CD. Interactivo.
- [9]. NEC, National Electric Code 2005. Editorial Delmar Thomson Learning, Impreso en México.
- [10]. N.A.T.S.I.M. Normas de la empresa eléctrica (CATEG) Ecuador. Impreso en Ecuador.
- [11]. “Manual de Primeros Auxilios”. Editado por la Dirección de Sanidad de la Armada. 2005. 182 páginas.
- [12]. MARTINEZ Fernando, “REPARACIÓN Y BOBINADO DE MOTORES ELÉCTRICOS” Editorial Bilbao. 2005. 296 páginas.
- [13]. ASTINAVE, [En línea], Disponible en <<http://en.astinave.com>>.
- [14]. “Guía Sanitaria a Bordo” [En línea], Disponible en <<http://www.seg-social.es/ism/gsanitaria.es/>>.
- [15]. Resistencia Eléctrica del Cuerpo Humano, [En línea], Disponible en <<http://www.medicblog.wordpress.com/resistencia-eléctrica-del-cuerpo-humano-y-algo-de-biofísica-eléctrica>>.
- [16]. “Manual de Instalaciones Eléctricas” Disponible en <<http://esc-edif.org/htmlmasinfo/electricas.pdf>> .