

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN ALMACENAMIENTO VIRTUAL DE INFORMACION EN TAGS RFID<sub>s</sub> Y LECTURA POR RADIOFRECUENCIA PARA LOS BUQUES DE LA COMANDANCIA DE ESCUADRA DE LA ARMADA DEL ECUADOR”.**

## **EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)**

Previa a la obtención del grado de:

## **INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**HENRY BOLÍVAR ANDRADE ROSERO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR  
AÑO: 2016**

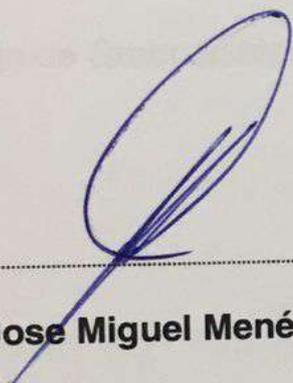
## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral alma mater e instituto de formación por acogerme en su seno durante mis estudios A mis instructores por los conocimientos impartidos durante mí paso por las aulas. A mis amigos y compañeros por esos grandes momentos compartidos, experiencias que nunca olvidare.

## DEDICATORIA

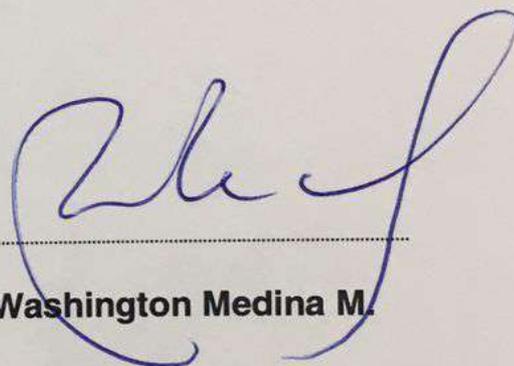
A mis padres los cuales mantuvieron en mi la llama encendida la cual me dio fuerzas para no decaer en este proceso de graduación, a mi esposa que siempre me apoyo en todas las decisiones y con su trabajo tesonero me brindó el soporte tanto emocional como físico necesario en este difícil proceso y a mi rayito de sol que fue la motivación y el aliento del día a día y una razón para continuar.

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



**Ing. Jose Miguel Menéndez**

EVALUADOR



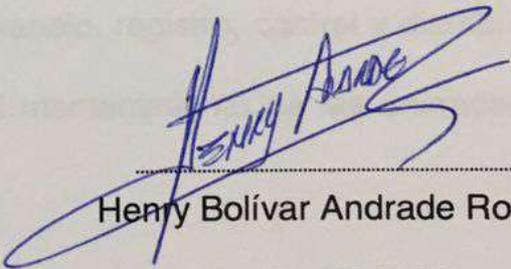
**Ing. Washington Medina M.**

EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Informe me corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Henry Bolívar Andrade Rosero

C.I.: 1711083400

## RESUMEN

La Comandancia de la Escuadra de la Armada del Ecuador, dentro de su plan de mejoramiento de gestión del mantenimiento de las unidades de superficie y manejo eficiente de la logística, en el año 2014 se encuentra orientada a la introducción de medios tecnológicos que faciliten su planeamiento, ejecución y supervisión con la menor participación de personal, formularios físicos y de recursos energéticos posibles. Es así que, después de una serie de observaciones científicas comparativas, ha optado por la introducción de la tecnología de identificación por radio frecuencia (RFID) por sus siglas en inglés y la lectura de información virtual en *tags* de transporte adhesivo para optimizar el manejo, registro, control y distribución de herramientas y equipos para la gestión del mantenimiento de las unidades de superficie de la Comandancia de Escuadra.

La metodología de desarrollo del sistema se realiza en las siguientes fases: se analiza la situación problemática existente en las bodegas de mantenimiento de repuestos y accesorios, después se procede a levantar los requerimientos necesarios para el desarrollo del sistema, se sintetizan estos requerimientos y finalmente se realiza un diseño de sistema que permita reducir la incidencia de la problemática existente. Se elige la tecnología de *tag* mediante lectura de comunicación inalámbrica por radiofrecuencia debido a sus características de lectura automática, y gran velocidad de registro, con lo que se reduce en gran medida los tiempos de información y la participación de personal innecesario, con menor implicación de fallos por malas lecturas o retrasos por falencias en el hardware de adquisición de datos que se utilizaba anteriormente, el código de barras y lectura manual.

Con la información trasladada a medios informáticos virtuales, se puede identificar en todo momento el estado, inventario y ubicación de los repuestos y accesorios, ampliando de esta manera los medios de control operativos de la institución, que si bien en un inicio representaron un verdadero desafío de control, con la debida capacitación de los operarios el flujo de comunicación inalámbrica se contuvo de manera eficiente, bajo parámetros de calidad y de reducción de tiempos.

Como resultados obtenidos de la implementación del diseño de gestión del mantenimiento de las unidades de superficie y manejo eficiente de la logística, podemos detallar la reducción de tiempos muertos y manejo eficiente del elemento humano en base a los tiempos de arribo de repuestos y maquinaria, mejoramiento de la gestión de los talleres integrados de la Armada del Ecuador, y una reducción en los tiempos de servicio técnico y logístico, tanto a nivel semanal, mensual, trimestral y semestral. La visualización a futuro del sistema es óptima por cuanto los resultados obtenidos han sido de gran beneficio para la Armada, tanto en la reducción del consumo de medios energéticos, gastos económicos y aumento de la calidad de servicio.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA.....	v
RESUMEN .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
INTRODUCCIÓN .....	x
CAPÍTULO 1 .....	1
1. METODOLOGÍA TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA .....	1
1.1 Marco de comprensión tecnológica. ....	1
1.2 Marco Metodológico de aplicación.....	7
1.2.1 Metodología específica para Electrónica y Telecomunicaciones. 7	
1.2.2 Metodología de diseño.....	8
1.2.3 Requerimientos del Sistema. ....	9
1.2.4 Restricciones del sistema. ....	12
1.2.5 Análisis de Ubicación del Sistema. ....	13
1.2.6 Objetivos principales del Sistema de Gestión de inventarios de Mantenimiento. ....	15
1.3 Desarrollo técnico conceptual del sistema de gestión de mantenimiento. ....	16
1.4 Estudio comparativo de diseño y selección de proyecto.....	19
CAPÍTULO 2.....	29
2. RESULTADOS OBTENIDOS.....	29
2.1 Diagnóstico inicial del servicio. ....	29
2.1.1 Características del servicio actual.....	29
2.2 Diseño completo del sistema de ubicación por RFIDs.....	30
2.2.1 Características de los equipos seleccionados.....	30
2.2.2 Diagrama de ubicación de los equipos .....	35
2.2.3 Detalles del sistema.....	36

2.2.4	Beneficios estratégicos y económicos. ....	37
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	50
	BIBLIOGRAFÍA.....	51

## INTRODUCCIÓN

La Armada del Ecuador dentro de sus órganos de línea operativos para la ejecución de su misión fundamental la cual es “Desarrollar las capacidades marítimas y proveer la seguridad integral en los espacios acuáticos que fortalezcan el Poder Naval y que contribuyan a la defensa de la soberanía y la integridad territorial; y, con su contingente apoyar al desarrollo marítimo nacional y a la seguridad pública y del Estado” [1], cuenta con la Comandancia de la Escuadra (CODESC) conformada por los Escuadrones de Fragatas, Corbetas Lanchas Misileras y Auxiliares, unidades de superficie que contribuyen a dicha misión, sin embargo la difícil situación económica ha ocasionado recortes presupuestarios en todas las instituciones del Estado y es bajo esta premisa que se hace imprescindible optimizar los recursos humanos y materiales para el mantenimiento de dichas unidades de tal manera de contribuir a alcanzar los objetivos planteados

El alistamiento operativo de una unidad de superficie está compuesto por dos variables fundamentales: el entrenamiento del personal y mantenimiento de maquinarias y equipos, este mantenimiento el cual puede ser preventivo y correctivo, está firmemente ligado con el proceso logístico de la Armada del Ecuador y es mediante este proceso que se monitorea de manera continua las condiciones operativas de las unidades de tal manera que si nos apoyamos en un medio tecnológico que contribuya en la reducción de tiempos de parada, reducción de tiempos muertos y mejoramiento del rendimiento del personal lograremos una mejora en los procesos de mantenimiento de las unidades de la Escuadra.

La Dirección de Logística de la Armada (DIGLOG) a través de la Dirección de Mantenimiento y Recuperación de Unidades Navales (DIMARE) es la encargada de gestionar el mantenimiento de las unidades y la administración de repuestos y materiales destinados para el mantenimiento preventivo y correctivo de las unidades de superficie, lo realiza de manera manual para lo cual el Centro de Abastecimientos de la Armada (CENABS) y los Escuadrones cuentan con pañoles y bodegas de almacenamiento que pese a los esfuerzos realizados para su clasificación y gestión no brindan las características necesarias para un buen servicio al usuario ocasionando pérdidas de tiempo, inconsistencias de inventarios, demora de procesos y recursos económicos por la subutilización de elemento humano durante los procesos de entrega recepción de materiales o búsqueda de repuestos en sus instalaciones.

De esta forma, la utilización de las RFID's por varias de sus características propias como el bajo coste, la simplicidad en la instalación, el transporte de información inmediato, la interactividad del medio de emplazamiento con el personal, así como el incremento de la mejora de servicio, establecen a este medio de comunicación de alta eficiencia en una alternativa que permitirá incrementar la disponibilidad de los técnicos y equipos de trabajo, simplificando y agilizando los procedimientos entrega recepción de material de mantenimiento, ubicación de repuestos y accesorios e inventarios actualizados en tiempo real.

## CAPÍTULO 1

### 1. METODOLOGÍA TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA

Una vez planteada la problemática persistente dentro del sistema de gestión inventarios de repuestos, accesorios, materiales e insumos para las unidades de superficie de CODESC, se procede a realizar un análisis de la situación para sintetizar y diseñar los resultados en base de las variables encontradas, para esto, el siguiente capítulo está compuesto de una parte inicial de comprensión del medio tecnológico de nuestro análisis, características, funciones específicas y factores de influencia críticos de la utilización de los RFIDs como medio de solución efectiva, así como una segunda parte donde se detalla el procedimiento, estándar metodológico, modelo de aplicación y conformación de comunicación utilizado para la resolución del problema expuesto.

#### 1.1 Marco de comprensión tecnológica.

“RFID es una tecnología de captura de datos, que utiliza etiquetas compuestas por un microchip y una antena, capaces de emitir una serie de dígitos que sustituye el actual sistema de leer las etiqueta de código de barras ante un lector. Las etiquetas se adhieren al producto en el momento de su fabricación, y pueden ser utilizadas para rastrear artículos desde ese momento hasta su venta al cliente final, facilitando el control y la mecanización de la logística”. [3]

En la sociedad moderna, las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC's) van tomando el designio de ser el centro de la tecnología logística por excelencia. Por tal razón, la implicación del RFID está principalmente reflejada dentro de dos puntos en esencia:

- RFID es la fuente de obtención de información básica computarizada con manejo de datos para la conformación de la logística moderna como principio de guiado.[4]
- Las empresas ponen un mayor énfasis en la información, requiriendo así la realización de un flujo efectivo de dualidad logística e informativa.[4]

Mediante estas afirmaciones podemos ver que el desarrollo de las tecnologías de la información y tecnologías de comunicación dan un soporte a la logística moderna. Conforme este crecimiento de innovación se vaya manteniendo gradualmente, o en un futuro experimente un crecimiento exponencial, fundamentalmente cambiará el manejo de la logística no solamente a nivel local ni regional, sino dentro de un marco global de comunicación por excelencia.

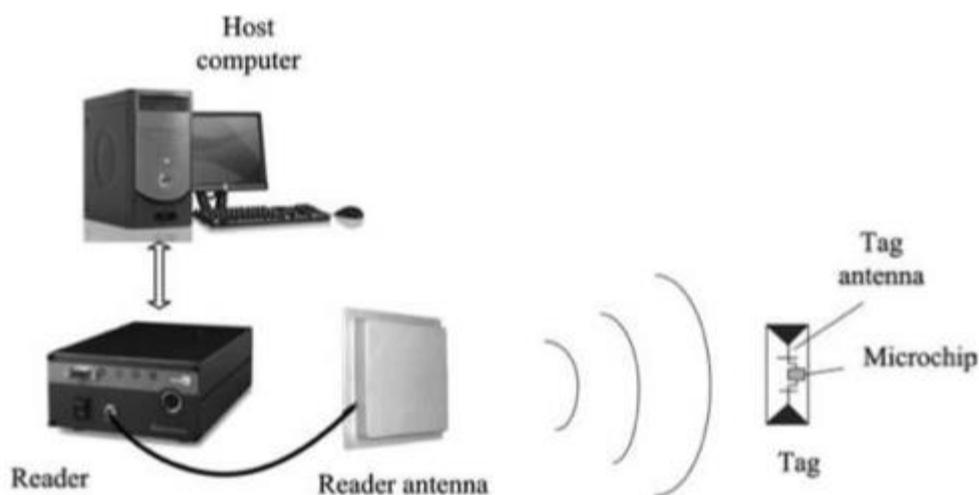
En el caso de CODESC la Armada el Ecuador se encuentra en una constante aplicación de proyectos de tecnología para el mejoramiento de la calidad del servicio implementado, control de gestión y reducción de tiempos de trabajo, su aplicación conlleva una serie de procedimientos y transformaciones tecnológicas en el ambiente tecnológico propio de la zona de emplazamiento a ser implementada. De esta forma, podemos observar en la Tabla 1, las funciones específicas que apoyan los dispositivos RFID en estas áreas.

<b>FUNCIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Actividad de intercambio de mercado</b>	Esta función principalmente registra la buena aceptación de contenidos, las tareas de control de almacenamiento, la selección de procedimientos, fijación de precios y personal necesario.
<b>Servicio de control</b>	El nivel y calidad de los servicios logísticos así como el manejo de los procesos existentes y sus recursos con la finalidad de comprobar la planificación y performance.
<b>Coordinación de manejo</b>	RFID juegan un rol importante en la coordinación operativa al fortalecer la integración y flujo de la información
<b>Soporte de toma de decisiones y estrategias</b>	El control de la información logística coordina eficazmente el grupo de trabajo y maneja el nivel de consentimiento del procesos hacia un análisis exhaustivo del costo – beneficio implícito, en orden para obtener una mejor toma de decisiones

**TABLA 1: Funciones Específicas de las RFIDS [10]**

Con la finalidad de comprender la resolución de la problemática existente dentro de la gestión de inventarios para el mantenimiento de la Comandancia de Escuadra de la Armada del Ecuador, es necesario establecer la estructura esencial que tomará el sistema, y como las comunicaciones entre TAG y lector se realizan.

“Un sistema típico RFID está compuesto por un lector, una antena, una etiqueta, un computador y un sistema informático de recolección de la información” [3] tal como lo podemos observar en la figura 1.1.



**Figura 1.1: Componentes de un sistema típico RFID [3].**

La etiqueta tiene la capacidad de almacenar algunos kilobytes de información, información que puede ser usada en propósitos de rastreo o identificación. Cada etiqueta posee un código único de identificación y un espacio reservado en memoria para almacenar allí información que se crea conveniente. EL lector RFID puede escribir y leer información en las tags que soportan almacenamiento en memoria, pues existen etiquetas que solamente sirven para identificar objetos con el código de facto con el cual viene configurado. El lector es el sistema central de toda la plataforma hardware RFID, ya que es el que permite establecer la comunicación entre el sistema de control (software) con los objetos que se desean monitorear (tags) [4].

El Observatorio Regional de la Sociedad de la Información (ORSI) indica que durante el diseño de un sistema RFID la gran mayoría de factores están identificados, y sus consecuencias son previsibles de una manera teórica. Sin embargo, no existen fórmulas que permitan cuantificar los valores exactos de variación de funcionamiento que se producirían ante esos factores. Por ello es necesario afrontar una fase inicial de pruebas a la hora de implantar cualquier sistema de RFIDs para cada aplicación concreta.

A partir de estas premisas, se puede identificar que antes de instalar cualquier sistema RFID se deben tomar en cuenta los principales factores que influyen en el funcionamiento:

- Potencia de transmisión.
- Tamaño de los elementos radiantes (antenas).
- Patrones de radiación de las antenas.
- Tamaño, tipo y estado de los tags.
- Frecuencia de trabajo.
- Entorno de trabajo.
- Materiales sobre los que se trabaja (Posibles jaulas de Faraday).
- Posición del tag en el momento de la lectura/escritura.
- Proximidad entre distintos campos de acción de distintos lectores/escritores.

La relación de todos estos factores y como si afectan en la distancia de la lectura, el ángulo de lectura y la simultaneidad de lectura de TAG se encuentra detallado en la Tabla 2.

<b>FACTOR</b>	<b>DISTANCIA DE LECTURA</b>	<b>ÁNGULO DE LECTURA</b>	<b>SIMULTANEIDAD DE LECTURA DE TAG</b>
<b>Potencia de transmisión</b>	SI	SI	NO
<b>Tamaño de los elementos radiantes (antenas)</b>	SI	NO	NO
<b>Patrones de radiación de las antenas</b>	SI	SI	NO
<b>Tamaño, tipo y estado de los tags</b>	SI	SI	SI
<b>Frecuencia de trabajo</b>	SI	SI	SI
<b>Entorno de trabajo</b>	SI	NO	SI
<b>Materiales sobre los que se trabaja (Jaulas de Faraday)</b>	SI	NO	SI
<b>Posición del tag en el momento de la lectura/escritura.</b>	SI	SI	NO
<b>Proximidad entre distintos campos de acción de distintos</b>	SI	NO	SI

lectores/escritores			
---------------------	--	--	--

**TABLA 2: Factores de influencia en RFIDS [13]**

Además de estos factores materiales, existen otros que influyen de manera negativa en el funcionamiento de un sistema RFIDs y que no dependen de los componentes del propio sistema (lectores, antenas y tag), sino que guardan relación con el entorno de trabajo tales como entornos húmedos, entornos metálicos o entornos con interferencias electromagnéticas de frecuencias próximas a la frecuencia de trabajo del sistema RFIDs, entre estos podemos anotar que los entornos metálicos son mucho más críticos que los húmedos, ya que se pueden generar jaulas de Faraday que aíslen completamente el tag del campo generado por el lector. Además, cualquier elemento metálico tiene una polaridad que perturbará el campo electromagnético o podrá producir un apantallamiento del campo hasta el punto de anular la comunicación entre el tag y el lector de un sistema RFIDs.

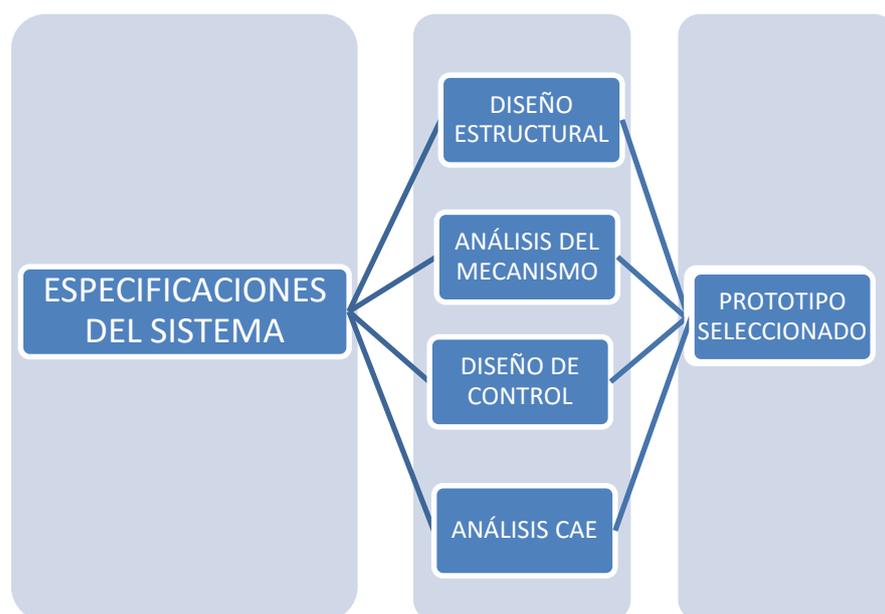
La velocidad a la que pasa el tag por el campo de acción del lector es otro de los factores que pueden resultar decisivos a la hora de que un sistema funcione óptimamente o no. Así, como norma general, cuanto mayor sea esa velocidad, menor será la eficiencia del sistema.

## **1.2 Marco Metodológico de aplicación.**

### **1.2.1 Metodología específica para Electrónica y Telecomunicaciones.**

Para el desarrollo del diseño del sistema se realiza el levantamiento de especificaciones del sistema y requerimientos, en base de ellos se procede al

diseño estructural, se realiza el análisis del sistema tal como lo podemos ver en la figura 1.2. De esta forma, dentro de la metodología aplicada a la electrónica y comunicaciones se encuentran inmersas otras ramas como la interconexión de datos, diseño de comunicación inalámbrica y sistemas de control, entre otros complementos.



**FIGURA 1.2: Fases de desarrollo de sistema [4]**

### **1.2.2 Metodología de diseño.**

La metodología de diseño escogida e implementada para la consecución de un sistema de gestión de mantenimiento basado en el almacenamiento virtual de información en tags RFID y lectura por radio frecuencia, se caracteriza por estar conformada por 3 etapas principales de estudio: el análisis, la síntesis y la evaluación, tal como se detalla en la figura No. 1.3



**FIGURA 1.3: Fases de metodología Electrónica y telecomunicaciones [3]**

### 1.2.3 Requerimientos del Sistema.

Un sistema de gestión de mantenimiento basado en el almacenamiento virtual de información en tags RFIDs y lectura por radiofrecuencia para los buques de la Comandancia de Escuadra de la Armada del Ecuador, deberían cumplir una serie de requisitos que garanticen el perfecto funcionamiento, tanto de mantenimiento de la información, enlace de la comunicación, normativa del sistema, especificados a continuación:

- **Legibilidad.** Las etiquetas asignadas a los repuestos y accesorios de las bodegas deben poder ser leídas y censadas para poder tener los inventarios actualizados cuando sean requeridos.
- **Requerimientos del área de servicio.** Las bodegas del Centro de Abastecimientos no cuentan con acondicionadores de aire, por lo cual deben ser etiquetas que puedan resistir a las condiciones ambientales además debido a las condiciones de trabajo de ser necesario sobrevivir el

impacto físico detallado al uso o al daño provocado por el peso de una carga o los elementos y herramientas útiles al mantenimiento indicado.

- **Sensibilidad.** Los chips seleccionados deben estar en la capacidad de poder ser energizados y enviar la información a los lectores que se encontraran ubicados por el sistema con una confiabilidad de al menos el 85%.
- **Ubicación y dirección.** Para su correcta lectura se deberá etiquetar y ubicar todos los repuestos en dirección a la ubicación de las antenas del sistema, sin embargo las antenas deben ubicarse de tal manera que puedan censar y ubicar los repuestos en las bodegas.
- **Posición de la etiqueta en relación a otra etiquetas.** Especificada bajo la normativa actual, con lo que se evitaría la interferencia que puede ocurrir entre ellas cuando se encuentra ubicadas unas junto a otras.
- **Forma y tamaño.** El tamaño afecta el alcance de la lectura de la información, se determina que el sistema debe tener distancias de lectura de entre 50 cm al menos para ubicar los suministros y repuestos
- **Velocidad de Lectura.** El sistema debe diseñarse de tal manera que las velocidades de respuesta deben ser muy rápidas, las frecuencias deben ser altas

- **Redundancia de la Lectura.** Esta redundancia corresponde al número de veces que debe ser accedida al medio de lectura para comprobación del enlace correcto entre tag y lector. Como normativa se mantiene un mínimo de al menos tres veces a los requisitos de lectura, para que las posibilidades de que sus datos sean captados sin error.
- **Requerimiento de información.** La información general que se deberá ingresar a cada etiquetado específico será al menos la siguiente, CPC, descripción, unidad financiera, escuadrón, sistema, subsistema y parte
- **Lectores.** Por cuestiones de precio, y reducción del consumo de energía por tag, es necesaria la aplicación de antenas de suministro de energía para la obtención de la información, con lo que el tag es pasivo y fácilmente transportable dentro del medio.
- **Uso progresivo.** Lo que nos brinda la posibilidad de modificar la información contenida dentro de los tags, en virtud de brindar escalabilidad en caso de modificación de sistemas, cambios estructurales, baja de equipos.
- **Seguridad.** Es uno de los principales requerimiento debido a la confidencialidad de la información por lo tanto se requiere de un sistema seguro de comunicación, sin filtración de información ni traslación de datos erróneos.
- **Integración.** El sistema debe estar en capacidad de integrarse y utilizar las bases de datos ya existentes en la Armada en lo correspondiente al

Sistema Logístico de la Armada<sup>a</sup> (SISLOG), además integrarse a la Red Naval de Datos.

- **Costo.** El sistema debe tener requisitos de eficiencia en su valor costo-beneficio de tal manera que el estado obtenga la mejor relación en la implantación del mismo.

#### 1.2.4 Restricciones del sistema.

- **Interferencias RF.** Se realiza el proyecto inicial de lectura RFID únicamente para los pañoles de repuestos de la Comandancia de Escuadra, no se incluirán los pañoles de repuestos de los buques, hasta realizar un estudio detallado de interferencias RF derivadas de la estructura metálica de las unidades
- **Ambientes agresivos.** Indicados para la no afección a los tags, ya que su ubicación se encuentra directamente afectada por la participación de estos tipos de ambiente circundantes. Las bodegas del Centro de Abastecimientos pueden tener temperaturas que oscilan entre 15 y 45 grados centígrados y una humedad relativa del 95 % por lo cual los tags y los equipos deben tener características que les permitan resistir las mencionadas condiciones

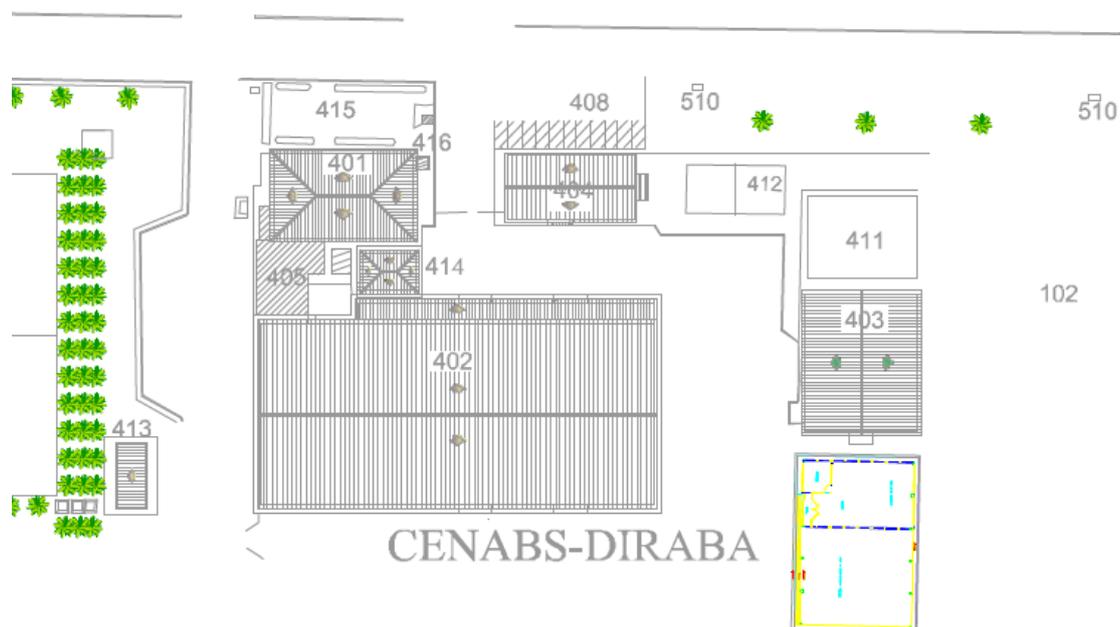
---

<sup>a</sup> Sistema informático que concentra información de informes de falla, mantenimientos, repuestos y accesorios en la Armada del Ecuador

- **Regulaciones internacionales.** Los equipos estarán enmarcados en los estándares internacionales para unidades RFID entre las cuales podemos nombrar ISO 14443, ISO 15693, ISO 18000.
- **Colisiones.** Es una restricción secundaria al medio de aplicación de las RFIDs al sistema de gestión de mantenimiento, la misma que establece que las etiquetas deben ser capaces de mantener una solución hacia las colisiones, y no deben por lo tanto ser perceptibles a daño cuando ocurran estos fenómenos, debido a que los repuestos son pesados y muchas veces difíciles de manejar.
- **Jaulas de Faraday.** El efecto por el cual el campo electromagnético en el interior de un conductor en equilibrio es nulo, en nuestro caso, los lectores no deben estar sujetos a este tipo de afectaciones aun cuando sean de material metálico o se encuentren en estanterías metálicas.

#### **1.2.5 Análisis de Ubicación del Sistema.**

Los pañoles de respuestos de CENABS se encuentran ubicados en la Base Naval Sur el plano de ubicación lo podemos observar en la figura 1.4, como parte componentes en el cual los edificios 402 y 403 corresponden a bodegas de suministros y accesorios.



**FIGURA 1.4: Plano del Centro de Abastecimientos de la Armada [14].**

La determinación de la ubicación de los diferentes implementos del sistema, se ve directamente detallada y afectada por el alcance de los lectores, la frecuencia que se utiliza, y la disposición física del área de bodegas y pañoles del Centro de Abastecimientos para el mantenimiento de buques de la Comandancia de Escuadra de la Armada del Ecuador en la figura 1.5 podemos observar el área interna de la bodega de suministros de CENABS.



**FIGURA 1.5: Bodega de suministros de CENABS.**

#### **1.2.6 Objetivos principales del Sistema de Gestión de inventarios de Mantenimiento.**

- Realizar la gestión de inventarios de repuestos y accesorios además de suministros necesarios para el mantenimiento de los buques de la Comandancia de Escuadra de la Armada del Ecuador, mediante la transportación, guardado y actualización automática de información a través de tags y unidades lectoras RFIDs.
- Mantener un seguimiento continuo de ingresos, egresos, inventarios, ubicación y disponibilidad de repuestos, accesorios y suministros.

- Proveer una herramienta de visualización y ubicación de los implementos, repuestos, y herramientas especializadas, para poder conocer su ubicación indicada todo el tiempo.
- Sostener un sistema de mejora continua hacia la reducción de tiempos de trabajo, aplicación de normativas internacionales de comunicación inmediata, así como crear una base de datos sobre la participación de personal. Formularios físicos automatizados, reducción en la utilización de recursos energéticos, y minimización de los tiempos de espera.
- Debido a las restricciones presupuestarias el sistema además de cumplir todos estos requerimientos debe significar un ahorro al estado en recursos presupuestarios.

### **1.3 Desarrollo técnico conceptual del sistema de gestión de mantenimiento.**

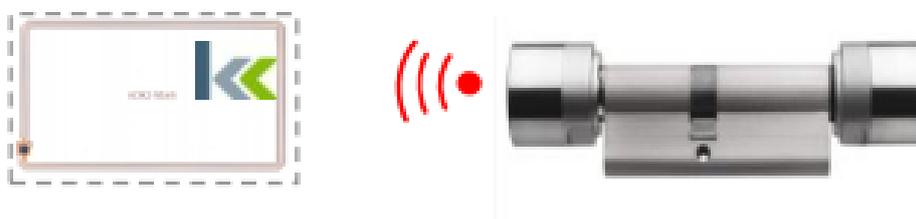
Analizados los requerimientos de funcionamiento del sistema de gestión de mantenimiento, y una vez definidos sus objetivos procederemos a realizar el desarrollo técnico del sistema de gestión de mantenimiento, existen varias tecnologías permiten realizar gestión de inventarios de mantenimiento entre las que podemos nombrar RFID, Human Interface device (HID) y Aplied Wireless Identification (AWID), sin embargo debido a los requerimientos antes mencionados la tecnología que de manera eficiente cumple los requerimientos es RFID [11].

#### **1.3.1. Alternativas de Diseño.**

Una vez determinada la tecnología a emplear en el área de gestión de mantenimiento CODESC y con las consideraciones detalladas en el marco metodológico, se evalúan tres tipos de alternativas de solución mediante la aplicación de herramientas tecnológicas de transmisión de la información inalámbricamente con sistemas de Radiofrecuencia RFID's detallados a continuación

### 1.3.2. RFID pasivas

“La tecnología RFID pasiva no tiene fuente de alimentación propia. La corriente eléctrica necesaria para su funcionamiento se obtiene por inducción en su antena de la señal de radiofrecuencia procedente de la petición de lectura de la estación lectora”[12], tal como lo podemos observar en la figura 1.6. Debido a esto, la señal de respuesta tiene un tiempo de vida bastante corto; además, en la práctica, las distancias de lectura son relativamente reducidas (varían entre unos pocos milímetros hasta distancias cercanas a 1 metro).



**FIGURA 1.6: RFID de tipología pasiva [3].**

### 1.3.3. RFID semi pasivas

Las etiquetas RFid semipasivas son muy similares a las pasivas, salvo que incorporan además una pequeña batería. Esta batería permite al circuito integrado en la etiqueta estar constantemente alimentado, y elimina la necesidad de diseñar una antena para recoger potencia de una señal entrante [12]. Asimismo, también disponen de un rango de lectura (distancia) ligeramente superior al de las etiquetas pasivas.

### 1.3.4. RFID activas

Este tipo de tecnología, posee una fuente de alimentación propia y alcanzan rangos de lectura mucho mayores que las etiquetas pasivas y semipasivas. Su tamaño es mayor que el de los otros dos tipos, aunque puede ser inferior el tamaño de una moneda. Estas etiquetas activas pueden incorporar también una pequeña memoria adicional que les permite almacenar mayor cantidad de información. [12] La gran limitación que presenta este tipo de etiquetas es que su funcionamiento está ligado a su batería, por lo que su tiempo de vida se limita a la vida de la batería, un ejemplo lo podemos encontrar en la figura 1.7.



**FIGURA 1.7: RFID de tipología activa [3].**

#### 1.4 Estudio comparativo de diseño y selección de proyecto.

Con la finalidad de la mejor selección del sistema indicado, se realiza un estudio comparativo de diseño y selección final del proyecto piloto a través de tablas de comparación ponderada, tablas de asignación de proyectos según las alternativas planteadas, y ubicación de criterios indicada, con relación a interrelación de las características específicas para el sistema, escogiendo su nivel de factibilidad en aspectos de diseño, construcción, operación y mantenimiento. Después de este análisis técnico comparativo, en el siguiente capítulo se expondrán los resultados obtenidos.

##### 1.4.1. Características técnicas de RFID Activo y Pasivo.

Aunque ellas dos caigan bajo el término de “RFID” y sean discutidas a menudo alternadamente, RFID Activo y Pasivo son tecnologías fundamentalmente diferentes. Mientras los dos usan energía de radio frecuencia para comunicarse entre una etiqueta y un lector, el método de activar las etiquetas es diferente. RFID activo usa una fuente de poder interna (batería) dentro de la etiqueta para activar continuamente la etiqueta y su circuitería de comunicación RF, considerando que RFID Pasivo confía en energía de RF transferida del lector a la etiqueta para activar la etiqueta, las características de estas tecnologías las comparamos en la tabla 3.

Característica	RFID Activa	RFID Pasiva
Fuente de poder de las etiquetas	Interna de la tarjeta	Energía transferida desde el lector vía RF

<b>Batería de las etiquetas</b>	Sí	No
<b>Disponibilidad de alimentación para etiquetas</b>	Continua	Solo dentro del campo del lector
<b>Potencia de la señal requerida desde el lector a la etiqueta</b>	Baja	Alta (puede activar la etiqueta)
<b>Potencia de la señal disponible desde la etiqueta al lector</b>	Alta	Baja

**TABLA 3: Estudio comparativo características técnicas**

#### **1.4.2. Capacidades funcionales de RFID activa y pasiva.**

Funcionalmente, las RFID activa y pasiva demuestran una serie de diferencias representativas, tanto en aspectos de rango de comunicación, almacenamiento multi-etiqueta, capacidades del sensor, almacenamiento de datos, entre otras características complementarias, definidas a continuación.

**Rango de comunicación.** Para RFID pasiva, el rango de comunicación es limitado por dos factores: 1) la necesidad de señales muy fuertes recibidas por la etiqueta para activarse, limitando al lector al rango de la etiqueta, y 2) la pequeña cantidad de potencia disponible para que una etiqueta responda al lector, limitando la etiqueta al rango del lector. Estos factores típicamente limitan el funcionamiento de RFID Pasivo a 3 metros o menos. Dependiendo del vendedor y frecuencia de funcionamiento, el rango puede ser tan corto como

unos pocos centímetros. RFID activo no tiene ninguna limitación en la potencia y puede proporcionar rangos de comunicación de 100 metros o más.

**Almacenamiento multi-etiqueta.** Como un resultado directo del rango de comunicación limitado de RFID Pasivo, el almacenamiento de etiquetas multi colocadas dentro de una operación dinámica es difícil y a menudo no confiable. Un escenario de ejemplo dentro del escenario propuesto de un sistema de gestión de mantenimiento para buques de la Comandancia de Escuadra de la Armada del Ecuador, es aquella con múltiples artículos etiquetados a través de una puerta de andén. Identificando múltiples etiquetas requiere una cantidad sustancial de comunicación entre el lector y las etiquetas. Cada interacción toma tiempo, y la posibilidad de interferencia aumenta con el número de etiquetas, mientras se incrementa la duración total de la operación.

RFID activo, con rangos de operación de 100 metros o más, puede recopilar miles de etiquetas de un solo lector. Adicionalmente, las etiquetas pueden estar en movimiento a más de 100 mph y todavía pueden ser recopiladas con precisión y de manera confiable.

**Capacidades de sensor.** Las etiquetas RFID pasivas están activadas solo en las proximidades de un lector. Estas etiquetas no son capaces de monitorear continuamente el estado de un sensor. En cambio, ellos se limitan a informar el estado actual cuando ellos localizan a un lector.

Las etiquetas de RFID activa están siempre encendidas, si están en el rango de un lector o no, y son por consiguiente capaces de supervisar continuamente y

grabar el estado del sensor, particularmente valioso en mediciones de límites de temperatura y estado de sellos de contenedores. Adicionalmente, las etiquetas de RFID Activas pueden impulsar un reloj de tiempo real interior y pueden aplicar una impresión exacta de hora/fecha a cada valor o evento grabado en el sensor.

**Almacenamiento de datos.** RFID Pasivo proporciona típicamente sólo una cantidad pequeña de almacenamiento de datos de lectura/escritura, en el orden de 128 bytes (1000 bits) o menos, sin la capacidad de búsqueda u otras características de manipulación de datos. La capacidad más grande y sofisticada de almacenamiento y acceso a los datos requiere que la etiqueta esté activada por periodos más largos de tiempo y son imprácticos con RFID Pasivo. RFID activo tiene la flexibilidad para permanecer activado para el acceso y búsqueda de espacios de datos más grandes, así como la habilidad de transmitir paquetes de datos más largos para simplificar la recuperación de los datos. Las etiquetas de RFID activas se usan comúnmente con 128K bytes (1 millón de bits) para almacenamiento de datos de lectura/escritura dinámicamente localizables, el resumen de estos factores lo podemos observar en la tabla 4.

	<b>RFID Activo</b>	<b>RFID Pasivo</b>
<b>Rango de comunicación</b>	Amplio rango (100m o más)	Corto o muy corto rango (3m o menos)
<b>Almacenamiento</b>	Almacena miles de etiquetas	Cientos de almacenamientos

<b>multi-etiqueta</b>	sobre una región de 7 campos desde un solo lector.  Almacena 20 etiquetas moviéndose a más de 100 mph.	de etiquetas a 3m de un solo lector.  Almacena 20 etiquetas moviéndose a 3mph o más despacio.
<b>Capacidad de sensor</b>	Habilidad para monitorear continuamente y grabar entradas del sensor; impresión de fecha/hora de eventos del sensor	Habilidad para leer y transferir valores del sensor solo cuando la etiqueta es activada por el lector. No imprime fecha/hora
<b>Almacenamiento de datos</b>	Almacenamiento de datos de lectura/escritura grande (128Kb) con búsqueda sofisticada de datos y capacidad de accesos disponibles	Pequeño almacenamiento de datos de lectura/escritura (e.g. 128 bytes)

**TABLA 4: Estudio comparativo características funcionales**

#### **1.4.3. Estudio de aplicabilidad de RFID Activo y Pasivo.**

Tomando en cuenta que, como se observó inicialmente de forma directa en el área de gestión de inventarios de mantenimiento de buques de la Comandancia de Escuadra de la Armada del Ecuador, existe la conjunción de una serie de

aplicaciones comunes y relativos despliegues de actividades relacionadas intrínsecamente, detalladas dentro del monitoreo de área, los portales high-speed, multi-tag, la seguridad de carga y el manifiesto electrónico.

**Monitoreo del área.** En muchas aplicaciones, existe la necesidad de monitorear continua y periódicamente la presencia y estado de los repuestos y suministros e ítems etiquetados sobre un área grande. Por ejemplo:

- Recoger información real-time del inventario.
- Monitorear la localización los repuestos y suministros en extensas áreas de bodegas
- Monitorear la seguridad y evitar las pérdidas de repuestos y materiales

Debido a la necesidad de comunicación en un rango largo, el monitoreo de área es posible utilizando RFID Activo o Pasivo dependiendo de las circunstancias.

**Portales High-Speed, Multi-Tag.** Es importante definir los tipos de portales a utilizar de acuerdo a las áreas de servicio Por ejemplo:

- Puerta de servicio de suministros en las cuales puede ser esencial la rápida lectura y clasificación para ahorrar tiempo y debido a que estos son materiales que tienen una rotación rápida y que no es necesaria su geolocalización sin embargo si tener el inventario actualizado para evitar pérdidas.
- Puertas de control de bodegas de repuestos en las cuales es importante la ubicación de los repuestos y no tanto la velocidad de lectura debido a

su lenta rotación y sigue considerándose importante evitar las pérdidas del material.

- Punto de inspección de ingreso de vehículos en las cuales sería indispensable evitar o censar la salida de suministros o repuestos y a la vez verificar que los camiones que ingresan o salen tenga conforme las órdenes de compra, en la tabla 5 vemos un resumen de las aplicaciones citadas.

	<b>RFID Activo</b>	<b>RFID Pasivo</b>
<b>Área de Monitoreo</b>	Si	No
<b>Alta Velocidad</b> <b>Portal de Multi-etiquetas</b>	Si	Limitado
<b>Aplicaciones de seguridad para carga</b>	Sofisticado	Simple
<b>Manifiesto Electrónico</b>	Si	No
<b>Impacto en el Proceso de Negocios</b>	Mínimo	Sustancial

**TABLA 5: Estudio comparativo de aplicabilidad RFID**

#### **1.4.4. Estudio comparativo ponderado por requisitos de ingeniería.**

El proyecto se encuentra identificado y estructurado bajo criterios técnicos de ingeniería, con valoración ponderada, con relación entre aspectos de facilidad

de uso, facilidad de montaje y fabricación, peso, facilidad de mantenimiento, funcionalidad, complejidad de control, requerimientos de esfuerzos por parte del operador, costo, y sus variables relacionadas indicadas en la tabla 6.

CRITERIOS	Fácil Uso	Facilidad de Montaje	Peso	Facilidad de mantenimiento	Funcionalidad	Complejidad de control	Requerimientos de esfuerzos por parte del operador	Costo	$\Sigma+1$	Ponderación
Fácil uso		1	0,5	1	1	1	1	1	7,5	0,18
Facilidad de Montaje y Fabricación	1		0	1	1	0	0,5	1	5,5	0,13
Peso	0	0		0,5	1	1	1	1	5,5	0,13
Facilidad de Mantenimiento	1	1	0		0,5	0,5	0	1	5	0,12
Funcionalidad	0,5	0	1	0		1	0,5	0,5	4,5	0,11
Complejidad de control	1	0	1	0,5	1		1	1	6,5	0,15
Requerimientos de esfuerzos por parte del operador	0	0,5	0	0,5	1	0		0	3	0,07
Costo	0	0,5	1	0,5	0	1	0,5		4,5	0,11
<b>SUMA</b>									<b>42</b>	<b>1</b>

**TABLA 6: Tabla de comparación ponderada**

De acuerdo a esta ponderación de actividades técnicas de ingeniería, se realiza una clasificación por validación mediante calificación de las tres alternativas propuestas, para lo que se conforma una tabla denominada de asignación de alternativas del proyecto determinado para el sistema de gestión de mantenimiento basado en almacenamiento virtual de información en Tags

RFIDs y lectura por Radiofrecuencia para los buques de la Comandancia de Escuadra de la Armada del Ecuador, tal como se explica en la tabla 7.

<b>TABLA DE ASIGNACIÓN DE ALTERNATIVAS DEL PROYECTO</b>	FACIL USO	FACILIDAD DE MONTAJE	TAMAÑO	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	DISTANCIA DE OPERACIÓN	COMPLEJIDAD DE CONTROL	REQUERIMIENTOS DE ESFUERZOS POR PARTE DEL OPERADOR	CAPACIDAD DE CARGA	TOTAL
Tecnología RFID Pasiva	5	5	4	5	3	2	1	5	29
Tecnología RFID Semi-pasiva	3	4	4	4	5	2	3	3	28
Tecnología RFID Activa	2	3	3	3	5	4	4	4	27

**TABLA 7: Tabla de asignación de alternativas del proyecto**

Finalmente, para validación de la alternativa escogida, se procede con una tabla de selección final de alternativas del proyecto planteadas, tal como se indica en la tabla 8.

<b>Criterios</b>	FACIL USO	FACILIDAD DE MONTAJE	TAMAÑO	FACILIDAD DE MANTENIMIENTO	DISTANCIA DE OPERACIÓN	COMPLEJIDAD DE CONTROL	REQUERIMIENTOS DE ESFUERZOS POR PARTE DEL OPERADOR	CAPACIDAD DE CARGA	$\Sigma$	PRIORIDAD
Tecnología RFID Pasiva	0,90	0,65	0,52	0,60	0,33	0,30	0,07	0,55	3,92	1
Tecnología RFID Semi-pasiva	0,54	0,52	0,52	0,48	0,55	0,30	0,21	0,33	3,45	3
Tecnología RFID activa	0,54	0,39	0,39	0,36	0,55	0,60	0,28	0,44	3,55	2

**TABLA 8: Tabla de selección final de alternativas del proyecto**

De la correlación por medio del análisis de medios ponderado, se establece que tal como lo indica la Tabla 9, que el diseño con mayor prioridad con la mayor factibilidad posible es la aplicación de tecnología RFID pasiva, sistema ideal para operaciones básicas, como el manejo de inventarios, transporte de conjuntos de repuestos.

#### **1.4.5. Formalidad de las pruebas del sistema para obtención de resultados.**

Al estar estructurado el proyecto como un medio de implementación para la mejora de la gestión de inventarios de mantenimiento, la formalidad de las pruebas se establece por:

- Diagnóstico inicial del servicio contemplado dentro del área productiva.
- Diseño completo del sistema de ubicación por RFIDs.
- Determinación del nivel de compatibilidad por modelo real introducido.
- Realizar un seguimiento en el incremento productivo mensual, trimestral y semestral.
- Verificar la manutención del sistema durante el tiempo determinado por expertos.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. RESULTADOS OBTENIDOS**

#### **2.1 Diagnóstico inicial del servicio.**

##### **2.1.1 Características del servicio actual.**

El proceso de catalogación, clasificación, ingreso y egreso de suministros y materiales de las bodegas de CENABS se realiza de manera manual mediante ordenes de pedido y órdenes de compra en las cuales el material al ser recibido por los bodegueros es revisado de manera manual y ubicado en las bodegas, durante cada uno de estos procesos se tiene un promedio de ingreso, clasificación del proveedor al Centro de Abastecimientos de una semana tiempo que incluye el ingreso a bodega, verificación, clasificación y estiba, para un proceso con una media de 500 items.

De igual manera el tiempo aproximado para entrega a los buques es de una semana dividido en un día para cada Escuadrón, proceso en el cual participan un promedio de cinco servidores públicos, un oficial, tres encargados de logística y un bodeguero. Esto complementado con un valor medio de \$ 25 dólares el hombre/hora costos medios diarios de \$ 1000 dólares para la entrega y recepción de suministros de este tipo de mantenimiento lo cual implica un valor de perdidas aproximadas de \$32.000,00 dólares por año únicamente en recepción y entrega de suministros sin contar con la búsqueda y ubicación de repuestos, por lo que se

concluye que el proyecto brindará en el ámbito económico una enorme contribución a la Comandancia de Escuadra.

## **2.2 Diseño completo del sistema de ubicación por RFIDs**

### **2.2.1 Características equipos seleccionados.**

Tomando en cuenta la tabla de selección de alternativas para solucionar la problemática presentada, se toma como mayor prioridad la implementación de sistemas RFID de tipo pasivos, por lo que las características de los equipos seleccionados son las siguientes:

- **Lector de RFID Motorola FX 9500.** Lector activo direccional que trabaja en 902-928 Mhz de alto performance. Se trata de un lector de lectura rápida, a larga distancia, sistema anti colisión avanzado que puede ser configurado fácilmente por medio de un programa que permite entre otras cosas, definir el rango de posición de las etiquetas, rango de lectura, etc. Tal como lo podemos ver en la figura 2.1 Entre sus aplicaciones está el control automatizado de parqueaderos, sistema de localización de personal bajo tierra (especialmente en minas), reconocimiento automático de vehículos, control de peajes en carreteras, control interno de personal, manejo de animales silvestres, inspección de equipos, manejo y trazabilidad de Pallets, manejo de contenedores, además de otras aplicaciones que requieren de lecturas a larga distancia y rápidas, sus parámetros técnicos se citan en el anexo 1.



**FIGURA 2.1: Lector RFID Motorola FX 9500 [15].**

- **Etiqueta RFID Zebra 7,3x 1,7 GEN 2.** Este tag de mediano alcance que podemos observar en la figura 2.2 mantiene las posibilidades de lectura y almacenamiento indicado para la aplicación dentro de la Comandancia de Escuadra de la Armada del Ecuador y, al igual que la antena de recepción y lectura de información, debe poseer una serie de parámetros técnicos específicos y de compatibilidad entre ambos, el detalle de dichos parámetros técnicos lo podemos encontrar en el anexo 2.



**FIGURA 2.2: Etiqueta Zebra GEN 2 [16]**

- **Antena Motorola AN-480.** Esta antena de uso en interiores y exteriores de gran robustez tiene una el detalle de dichos parámetros técnicos lo podemos encontrar en el anexo 2.



**FIGURA 2.3: Antena Motorola An-480 [18]**

- **Antena Motorola AN-400.** Antena de gran capacidad y cobertura, diseñada para ser instalada y cubrir grandes distancias, su polarización circular mediante arreglo, y una ganancia de 37db la podemos observar en el grafico 2.5 y sus características técnicas se encuentran detallada en el anexo 5.



**FIGURA 2.4: Antena Motorola An-400 [18]**

- **Impresora RFID.** Uno de los principales componentes necesarios para la implementación del proyecto de manejo de información por RFIDs corresponde a la adquisición e implementación de una impresora de etiquetado RFID para medios activos y pasivos, por lo que específicamente se seleccionó un dispositivo de Zebra ZT 230 como la podemos observar en el figura 2.5



**FIGURA 2.5: Impresora Zebra ZT 230 [17]**

Entre la información general sobre sus características de puede nombrar:

- **Gabinete de acero inoxidable.** Protege a la impresora durante años de servicio en entornos difíciles y extremos.
- **Conectividad expandida.** A diferencia de otros motores de impresión, se incluye cuatro tipos de puertos de comunicación como características estándar: 10/100 LAN, USB, Serial y Paralelo.
- **Emulación de lenguaje de impresora.** Permite la integración máxima con la mayoría de tecnologías RFID existentes por medio de la emulación de la comunicación PL-Z y PL-I sin el cambio de código implícito.
- **Pantalla gráfica grande.** Permite la fácil navegación, la realización de instalaciones avanzadas y el fácil uso por parte del operador.

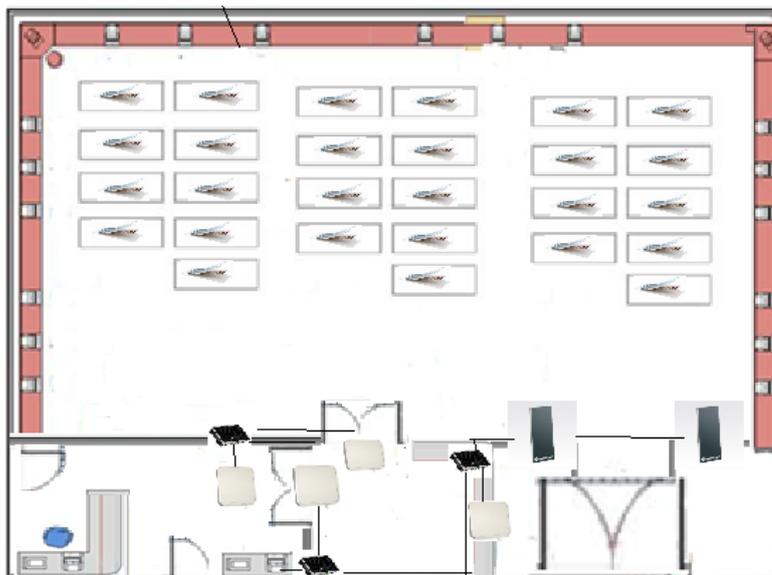
- **Cabezal de impresora IntelliSEAQ.** Conforman herramientas de diagnóstico proactivo que permiten acceder fácilmente al rendimiento y al historial del cabezal de la impresora.
- **USB/SDIO.** Facilita la flexibilidad añadida para memoria expandida y anexos USB como teclado y controladores de memoria y formateo continuo.
- **Solución RFID activa y pasiva.** Soluciones UHF RFID totalmente integradas para la tecnología pasiva y reactiva.

Entre las especificaciones técnicas necesarias para la impresora de RFID necesaria para suplir las necesidades dentro del emplazamiento, y denominadas mediante la presente tecnología seleccionada, se pueden expresar la tecnología de impresión, el entorno de usuario, la electricidad de uso, los niveles de integración, los medios de impresión, el código de comunicación, fuentes y gráficos, y las opciones adicionales, tal como se puede verificar en el anexo 3.

### **2.2.2 Diagrama de ubicación de los equipos**

La bodega de repuestos del CENABS tiene aproximadamente las siguientes dimensiones 70x50x30 (largo, ancho y alto en metros) tiene dos puertas de ingreso la cuales permiten el ingreso a la oficina del encargado de bodega, bodega y una puerta de ingreso para carga y descarga de repuestos y herramientas de mayor peso y tamaño que permite el ingreso de tráfico vehicular, debido a que el ingreso de repuestos y suministros se realiza por la oficina del encargado se colocaran dos antenas de control tipo portal en cada una de dichas puertas y una antena de control

de gran capacidad en la rampa de acceso de vehículos, el servidor se ubicará junto a la oficina del encargado la cual ya cuenta con acceso a la red naval de datos, las ubicaciones descritas las encontramos en la figura 2.6.



**Figura 2.6 Plano de ubicación de equipos**

### **2.2.3 Detalles del sistema**

El sistema cuenta con 3 lectores RFID Motorola FX 9500 de la marca Motorola y se realizará la conexión al pc se realizará por medio de cable RJ 45, el software de control se instalara en esta computadora cuyos requisitos son básicos Procesador mínimo Pentium IV, sistema operativo Windows XP y se utilizará la base de datos del SISLOG con la cual se creará la identificación de cada uno de los suministros y repuestos que ingresen y salgan. Las antenas elegidas tienen un patrón de radiación omnidireccional de tal manera de evitar errores en la lectura de los tags cuando entren y/o salgan de la bodega.

Los cables para conexión con las antenas serán de tipo coaxial de tipo RG-58 con una impedancia de 50 ohmios, ninguna antena por regulación FCC estará ubicada a menos de 24 cm de ningún usuario.

#### **2.2.4 Beneficios estratégicos y económicos.**

Los beneficios de la inversión realizada para implementación de sistema de gestión de inventarios para mantenimiento basado en la tecnología RFID se basan bajo los aspectos estratégicos y económicos, pero ya que este tipo de beneficios en muchos de los casos no resultan cuantificables, y en otros son de tipo confidencial por parte de la institución, es necesario articular una aproximación porcentual de los resultados beneficiosos obtenidos mediante su aplicación.

De esta forma, podemos concretar una realidad aproximada de cómo la introducción de esta tecnología ha mejorado potencialmente la gestión del servicio dentro de la Comandancia de Escuadra de la Armada del Ecuador, basándose en los siguientes aspectos:

- **Consumo de recursos económicos.** Dado por el ahorro de recursos que tendría la Armada al dedicar la personal a las actividades propias de mantenimiento en lugar de clasificación, verificación y retiro de repuestos y accesorios
- **Petición y manejo de repuestos.** Logísticamente, en este punto es donde se producen una serie de inconvenientes previo a la implementación de RFIDs, por cuanto la información en ocasiones no era muy clara, o las especificaciones de repuestos eran erróneas.

- **Consumo energético.** Uno de los aspectos de mayor influencia dentro del proyecto es la disminución del consumo energético, entendiéndose a este no solo por la utilización del recurso eléctrico, sino por la correspondiente al traslado innecesario de personal, de maquinaria, e implementos, así como el manejo de fuerza por parte del personal.
- **Logística y transporte.** Establece los parámetros de mejora del manejo logístico y de transportación y de traspaso de herramientas y repuestos entre pañoles y áreas de servicio

A partir de los ítems establecidos anteriormente, a continuación en los cuadros y figuras siguientes se evidencian los beneficios obtenidos por la aplicación:

**a. IMPACTO EN EL CONSUMO DE RECURSOS ECONÓMICOS.**

Uno de los parámetros en los que se observa un gran impacto producto del proyecto es el ahorro de recursos económicos tal como lo podemos observar en la tabla 9 derivados del ahorro de personal necesario para recibir, verificar y clasificar los repuestos tanto de las empresas proveedoras, como su entrega a las unidades de superficie, como lo podemos observar en la tabla 14, la cantidad de personal se redujo en un 45% manteniéndose aun personal debido a la necesidad de automatizar la carga y descarga que aún se mantiene de manera manual por lo que se vuelve necesario aun presencia de personal que no pudo disminuirse

<b>EVALUACIÓN DE CONSUMO DE RECURSOS ECONÓMICOS - SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO POR RFID`s (en porcentual)</b>						
<b>Parámetro de medición</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 5</b>	<b>MES 6</b>

Ahorro de personal para clasificación, de repuestos	45,30%	41,23%	42,30%	39,60%	32,50%	30,40%
---	--------	--------	--------	--------	--------	--------

**Tabla 9: Evaluación de consumo de recursos económicos**

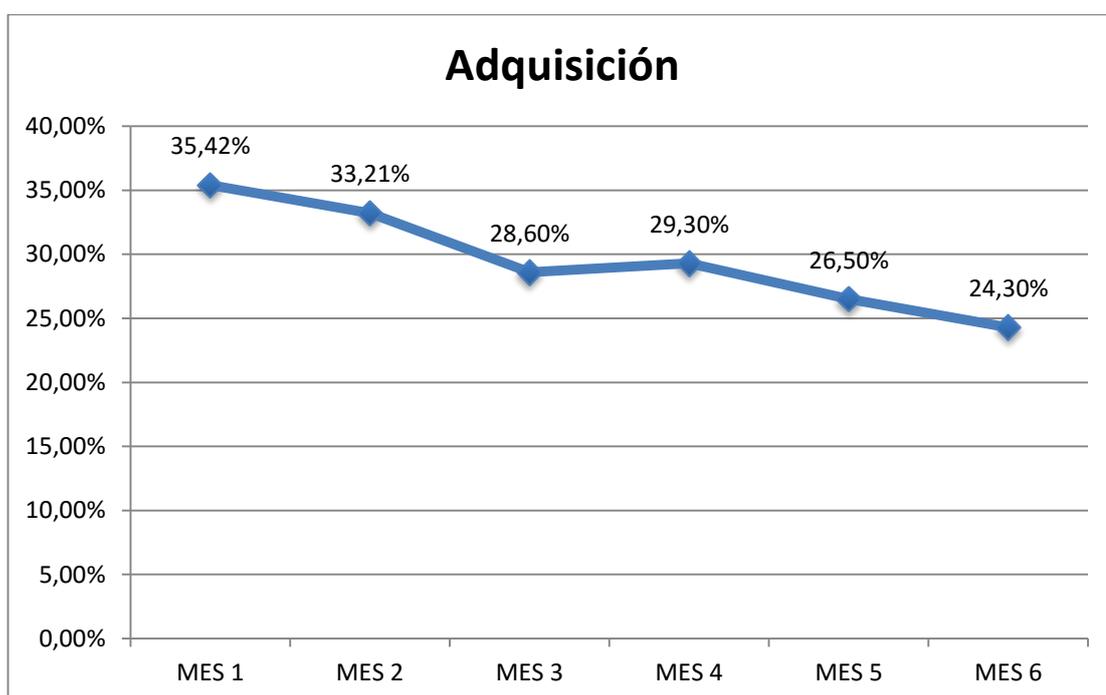
**b. IMPACTO EN LA PETICIÓN Y MANEJO DE REPUESTOS.**

En el proceso de petición y manejo de repuestos podemos observar que existe una disminución en los tiempos de adquisición representado como el tiempo en que la entrega que el proveedor de bienes y servicios realiza a la Armada del Ecuador el cual disminuyó en un 35,42 % de manera inicial y continuó disminuyendo de manera progresiva en los seis meses de evaluación. El tiempo en el manejo logístico evaluado como el tiempo en el cual los repuestos y suministros son catalogados, inventariados y colocados en sus lugares de distribución tuvo una disminución del 47,54%, y de igual manera tuvo una disminución del 28,60% el tiempo que se emplea en entregar los repuestos y suministros a los escuadrones de las unidades tuvo de igual manera una disminución del 28,60% cabe destacar que este porcentaje fue el de menor disminución dado que este proceso solo depende de la revisión de los oficiales logísticos de las unidades, estos datos lo observamos en la tabla 10.

<b>EVALUACIÓN DE PETICIÓN Y MANEJO DE REPUESTOS - SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO POR RFID`s (en porcentual)</b>						
<b>Parámetro de medición</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 5</b>	<b>MES 6</b>
Adquisición	35,42%	33,21%	28,60%	29,30%	26,50%	24,30%
Manejo logístico de repuestos	47,54%	45,40%	43,10%	42,32%	40,29%	39,43%
Entrega y	28,60%	27,50%	29,40%	28,65%	25,43%	22,31%

distribución en el emplazamiento						
----------------------------------	--	--	--	--	--	--

**TABLA 10: Evaluación de impacto en la petición y manejo de repuestos**



**FIGURA 2.7: Impacto en el manejo de la adquisición**

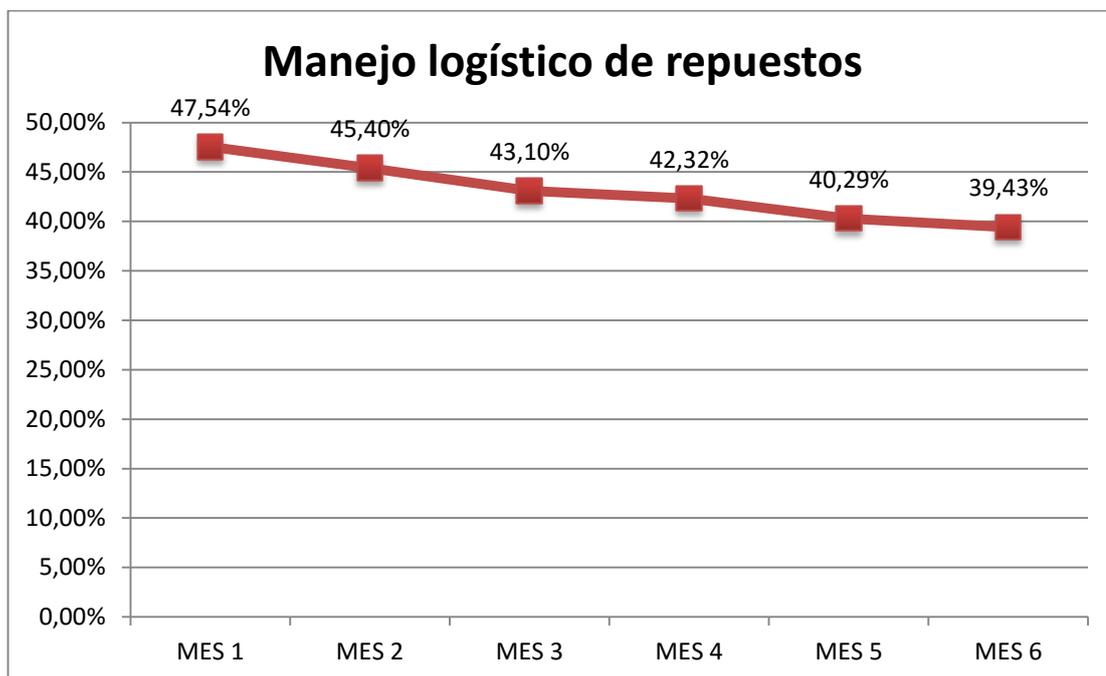


FIGURA 2.8: Impacto en el manejo logístico de repuestos

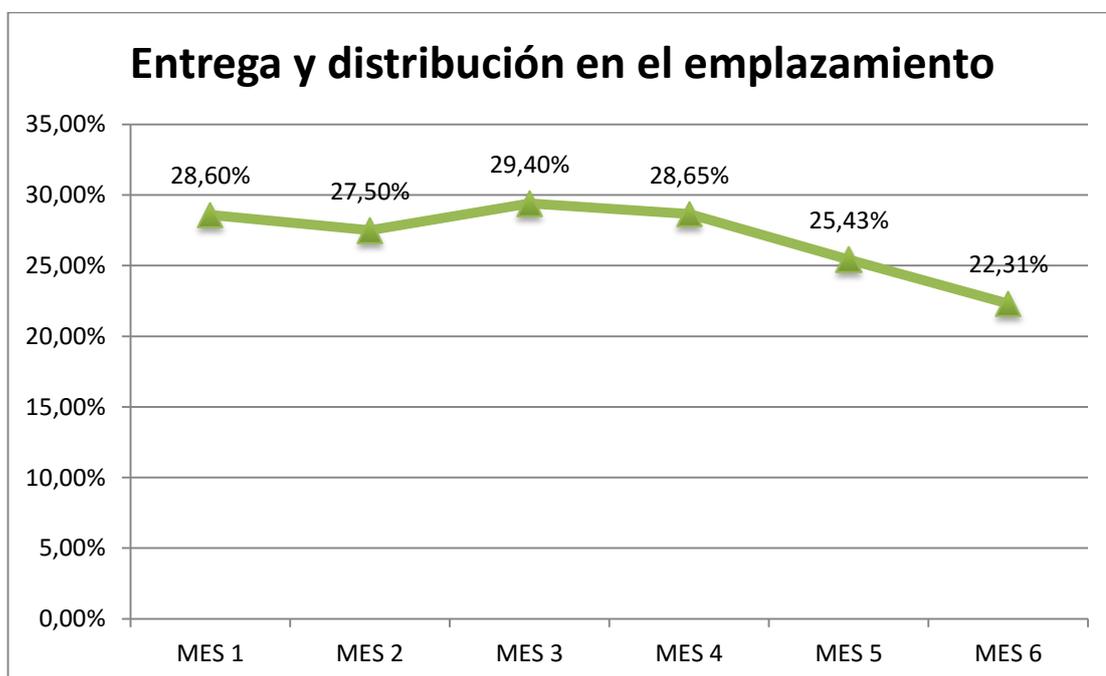
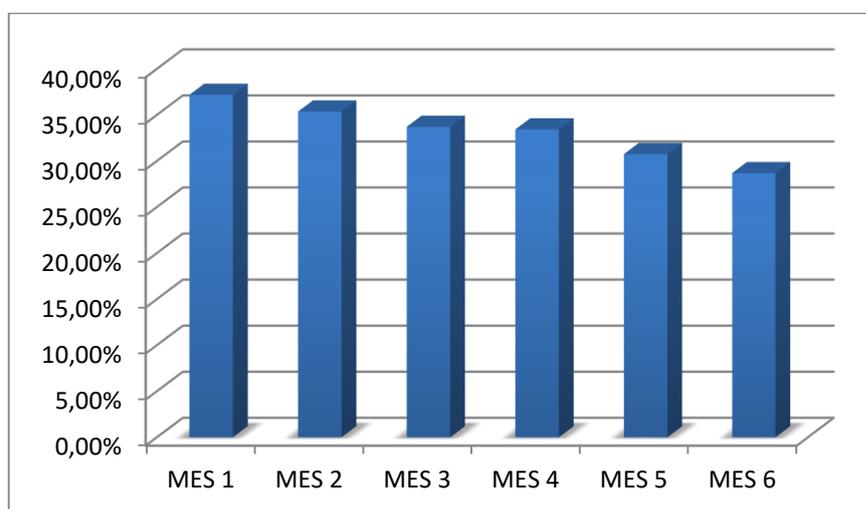


FIGURA 2.9: Impacto en la entrega y distribución en el emplazamiento

Dentro del manejo de peticiones y distribución de repuestos, el impacto ha sido relativamente bueno, sin embargo debido a la existencia del SISLOG no se ha observado una reducción significativa como lo podemos observar en la tabla 11 ya que dicho sistema se encarga de la solicitud y petición de dichos repuestos, sin embargo el porcentaje del 37,19% se logra debido al manejo de los mismos entre lo que podemos anotar, la ubicación física, el traslado y entrega.

<b>EVALUACIÓN DE PETICIÓN Y MANEJO DE REPUESTOS - SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO POR RFID's (en porcentual)</b>						
<b>Parámetro de medición</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 5</b>	<b>MES 6a</b>
Evaluación general promedio	37,19%	35,37%	33,70%	33,42%	30,74%	28,68%

**TABLA 11: Evaluación general de impacto en la petición y manejo de repuestos**



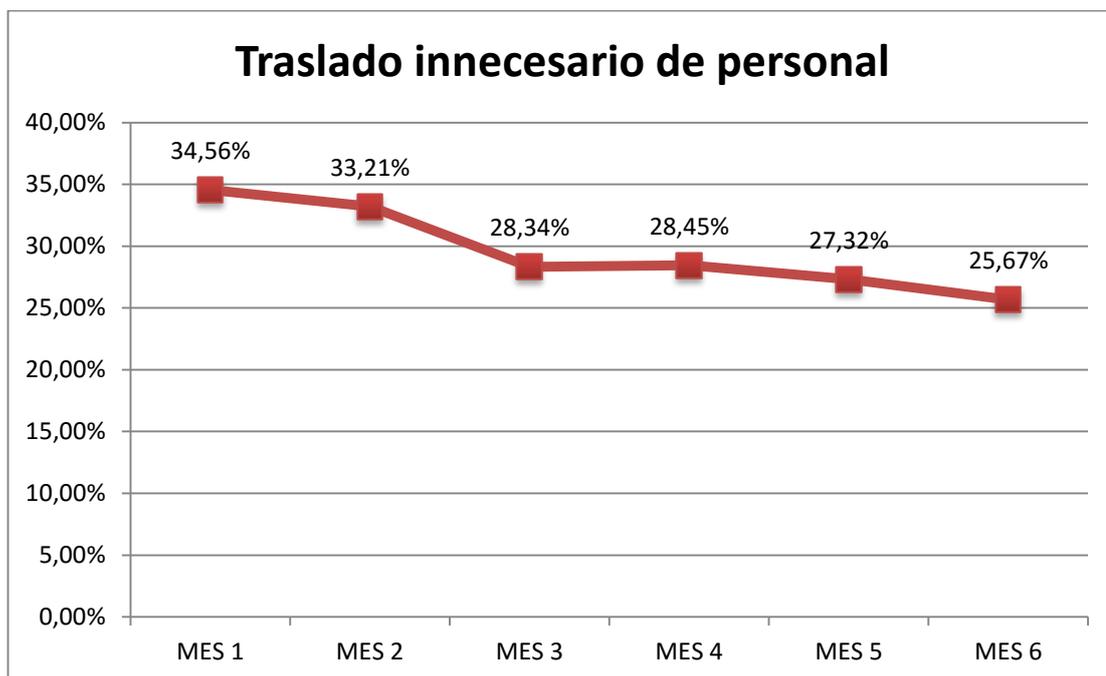
**FIGURA 2.10: Evaluación general de impacto en la petición y manejo de repuestos.**

### c. CONSUMO ENERGÉTICO.

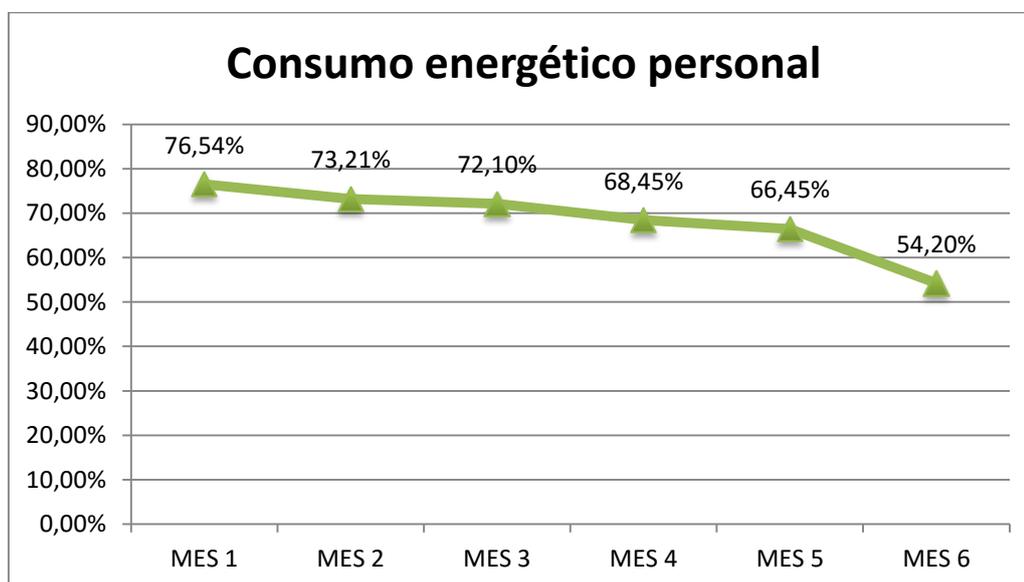
Otro de los factores que se evalúan durante el desarrollo del proyecto son el traslado innecesario del personal, en el cual se obtuvo una disminución del 34.56% producto de los errores humanos tales como falsos positivos en la ubicación o tipo de repuesto, en el cual el personal debía una vez encontrado el repuesto acercarse a retirarlo pero se verificaba que no era el repuesto requerido o el material que había ingresado a la bodega no era el correcto, los valores los podemos observar en la tabla 12. El Consumo energético del personal se evaluó al medir los tiempos que el personal tardaba en ubicar el suministro o accesorio una vez que este ingresaba a la bodega y antes que fuera inventariado para su despacho.

<b>EVALUACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO Y HUMANO - SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO POR RFID`s (en porcentual)</b>						
<b>Parámetro de medición</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 5</b>	<b>MES 6</b>
Traslado innecesario de personal	34,56%	33,21%	28,34%	28,45%	27,32%	25,67%
Consumo energético personal	76,54%	73,21%	72,10%	68,45%	66,45%	54,20%

**TABLA 12: Evaluación de consumo energético y humano**



**FIGURA 2.11: Impacto en reducción del traslado innecesario de personal**



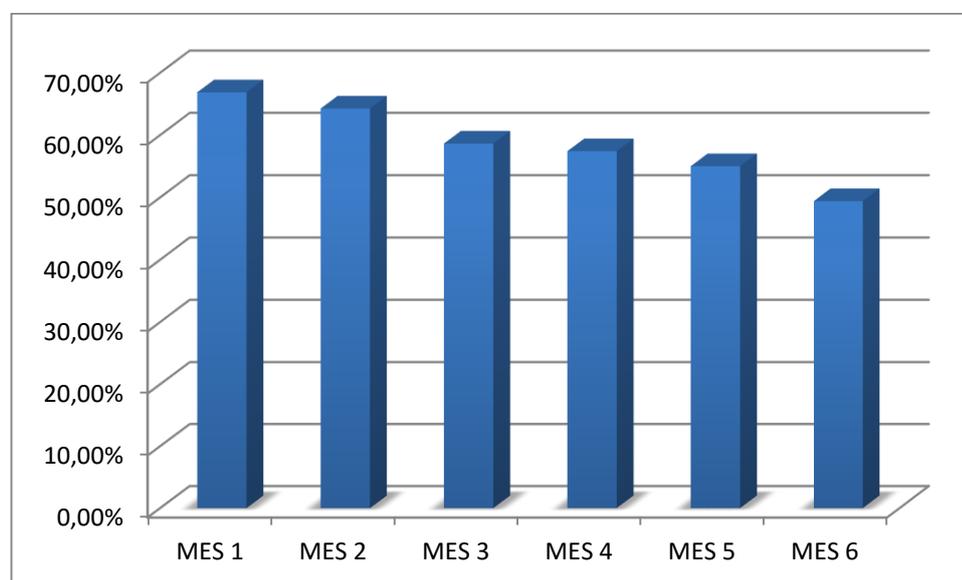
**FIGURA 2.12: Impacto en la reducción del consumo energético personal**

La evaluación del consumo energético y humano presente a través del sistema de gestión del servicio de mantenimiento, es requerida dentro del estudio de factibilidad

de introducción del proyecto, ya que si la inclusión del sistema RFID no ayuda al mejoramiento en la reducción del consumo energético, tal como podemos observarlo en la tabla 13, tanto eléctrico como de traslado y consumo energético del personal, no sería indicada la utilización del sistema. Es así que, el traslado innecesario de personal disminuyó en un 8,89%, y el consumo energético personal experimentó un descenso del 22,34%.

<b>EVALUACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO Y HUMANO - SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO POR RFID's (en porcentual)</b>						
<b>Parámetro de medición</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 5</b>	<b>MES 6</b>
Evaluación general promedio	66,85%	64,25%	58,63%	57,41%	55,00%	49,40%

**TABLA 13: Evaluación general de reducción consumo energético - humano**

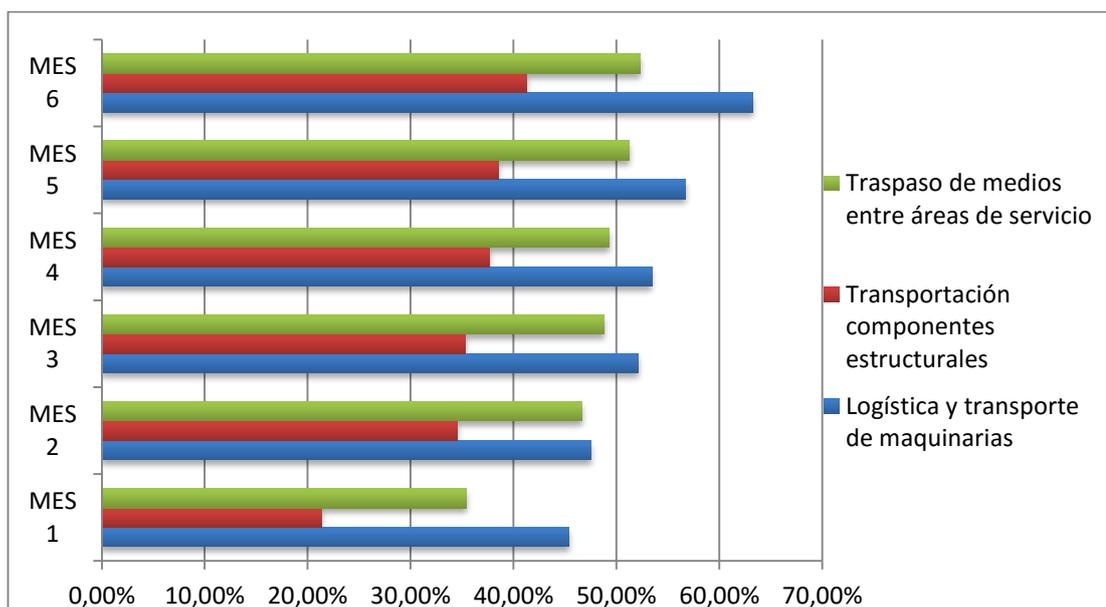


**FIGURA 2.13: Evaluación general de reducción de consumo energético - humano**

**d. IMPACTO EN LA LOGÍSTICA Y TRANSPORTE.**

<b>EVALUACIÓN DE MEJORA EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE - SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO POR RFID`s (en porcentual)</b>						
<b>Parámetro de medición</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 5</b>	<b>MES 6</b>
Logística y transporte de maquinarias	45,34%	47,54%	52,10%	53,42%	56,75%	63,21%
Transportación componentes estructurales	21,34%	34,56%	35,34%	37,65%	38,53%	41,25%
Traspaso de medios entre áreas de servicio	35,45%	46,64%	48,76%	49,23%	51,24%	52,34%

**TABLA 14: Evaluación de mejora en Logística y Transporte**



**FIGURA 2.14: Evaluación de mejora en logística y transporte**

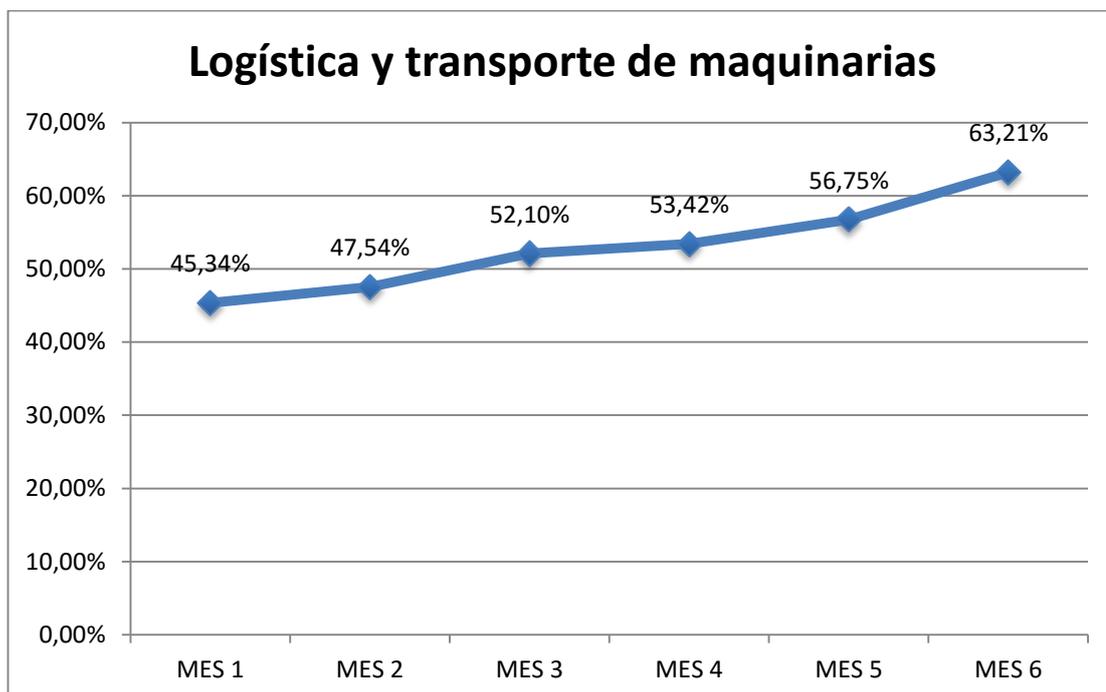


FIGURA 2.15: Impacto en la logística y transporte de maquinarias.

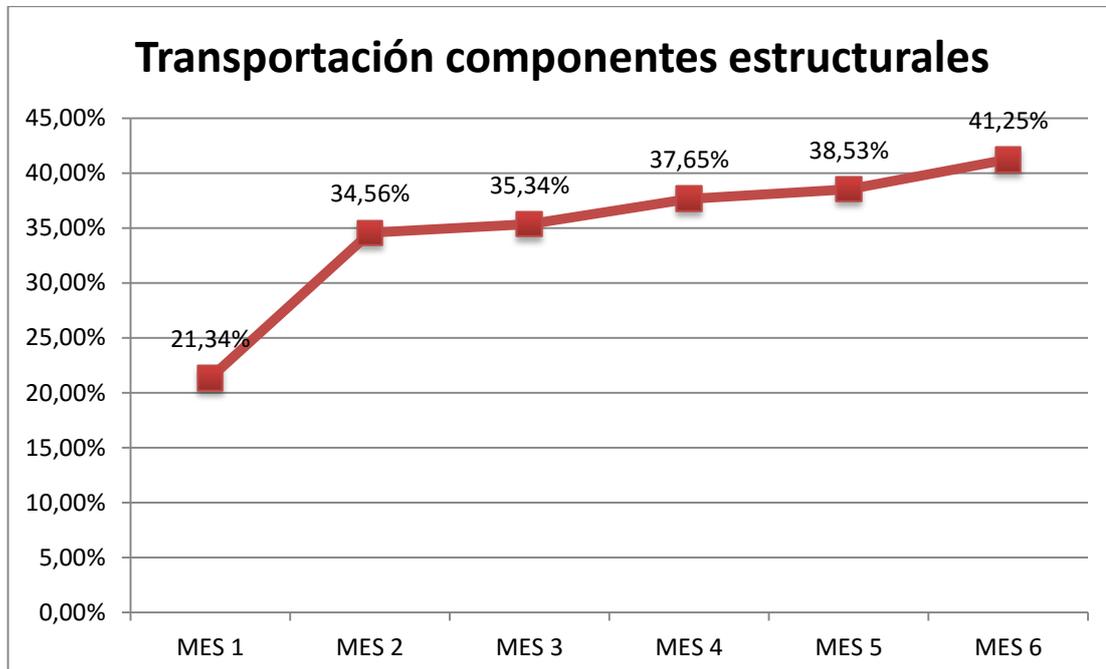
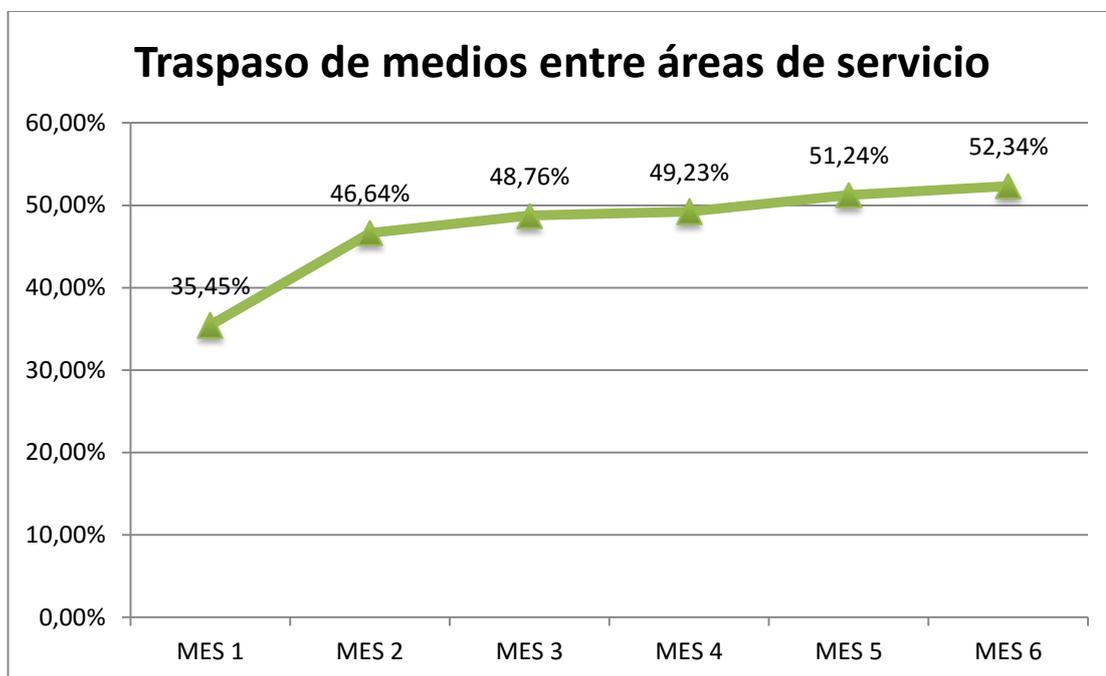


FIGURA 2.16: Impacto en transportación de componentes estructurales

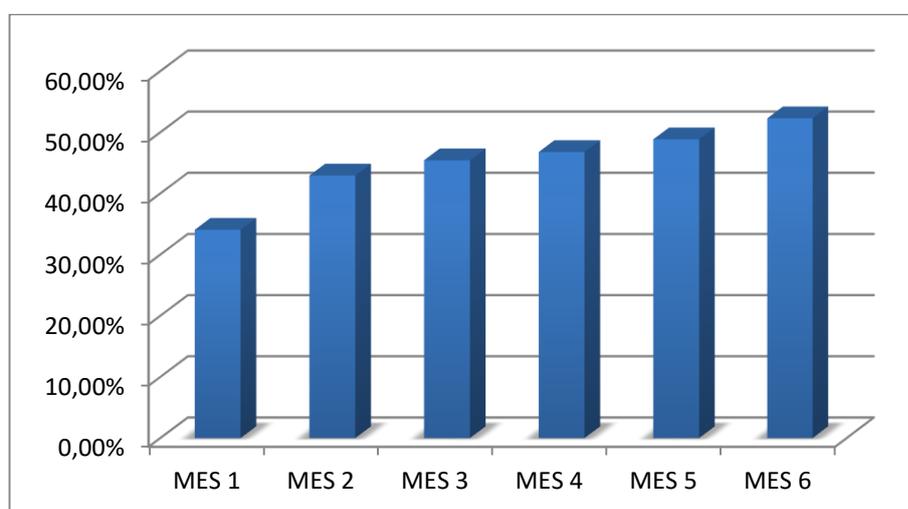


**FIGURA 2.17: Impacto en el traspaso de medios entre áreas de servicio**

La logística y transporte es uno de los campos más importantes de desarrollo dentro del área de gestión de mantenimiento basado en RFIDs para la reparación y servicio técnico de la Comandancia de Escuadra de la Armada del Ecuador, así es que la logística y transporte de maquinarias tiene un aumento del 17,87%, en la transportación de componentes estructurales tuvo un incremento de 19,91% y adicionalmente en el traspaso de medios entre áreas de servicio experimentó una ampliación del 16,89%, por lo que se evidencia que la implementación de la tecnología RFID tuvo un mayor impacto en este sector dentro del desarrollo de este proyecto., situación observada en la tabla 15.

<b>EVALUACIÓN DE MEJORA EN LOGÍSTICA Y TRANSPORTE - SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO POR RFID`s (en porcentual)</b>						
<b>Parámetro de medición</b>	<b>MES 1</b>	<b>MES 2</b>	<b>MES 3</b>	<b>MES 4</b>	<b>MES 5</b>	<b>MES 6</b>
Evaluación general promedio	34,04%	42,91%	45,40%	46,77%	48,84%	52,27%

**TABLA 15: Evaluación general de mejora en logística y transporte.**



**FIGURA 2.18: Evaluación general de mejora en logística y transporte.**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación se presentan las conclusiones a las que se llega después de haber realizado este diseño que permitirán complementar este trabajo.

### Conclusiones

1. La tecnología RFID en los últimos años ha encontrado aplicaciones en campo de la logística debido a su versatilidad, facilidad y bajo coste, entre ella se pueden tener el control de inventarios, activos obteniendo resultados en tiempo real sin detener las actividades y con una mayor eficiencia ahorrando recursos a las instituciones
2. Se pudo verificar que al implementar tecnología RFID para el control de inventarios para el mantenimiento de las unidades de la Comandancia de Escuadra se alcanzó los objetivos planteados tales como tener un mayor control, disminuir tiempos muertos y por ende mejorar la gestión del mantenimiento de las unidades de superficie.
3. La solución RFID diseñada en este proyecto no solamente permite un ahorro de recursos que tendría la Armada al dedicar la personal a las actividades propias de mantenimiento en lugar de clasificación, verificación y retiro de repuestos y accesorios, sino también en disminución en los tiempos de manejo de repuestos, accesorios y clasificación, etiquetado y traslado logístico.
4. La solución RFID diseñada en este proyecto puede ser utilizada en muchos aspectos del trabajo en las unidades entre los cuales podemos nombrar control

de inventarios, activos fijos, control de parqueaderos y vigilancia, por lo que la escalabilidad del sistema muestra un gran futuro en la institución.

5. El uso de la tecnología RFID en el control de repuestos, inventarios y suministros contribuirá a reducir la pérdida de los elementos citados mejorando el control de inventarios.

### **Recomendaciones**

Para poder obtener un mayor beneficio de este proyecto se dan las siguientes recomendaciones:

1. En la Comandancia de Escuadra existen varias bodegas y pañoles las cuales se convierten en centros de acopio de los suministros y repuestos que egresan de la bodega del Centro de Abastecimientos, se debe duplicar este proyecto con la finalidad de realizar un mejor control y de manera secundaria reforzar la seguridad de las mismas.
2. Al instalar el sistema RFID, se debe capacitar al personal de operadores y usuarios en el uso y manejo del mismo.
3. La tecnología RFID es altamente adaptable y escalable por lo que este proyecto se puede aplicar en otros ámbitos de control tales como activos fijos, control de equipos de sanidad y bajas.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Armada del Ecuador, Estatuto Orgánico por procesos de la Comandancia de la Escuadra, 2013
- [2] Armada del Ecuador, Manual de Logística Aplicada, Academia de Guerra Naval, 2008
- [3] Santacruz, Juan. , Análisis y Diseño de Software Gestor de Facturación Para Almacenes De Cadena Soportado En Tecnología RFID, 2010
- [4] Finkezzeller, Klaus, RFID Handbook Fundamentals and Applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication, John Willey & Sons Ltd. 3rd Ed, 2010
- [5] Alan Gidekel, Introducción a la identificación por radiofrecuencia, <http://www.telectronica.com/index.php/libro-rfid-telectronica/> fecha de consulta marzo 2014
- [6] Craft, Barry Jr., Secure integration of radio frequency identification (RFID) technology into a supply chain, Naval Postgraduate School Monterey, California Thesis, 2010
- [7] Ciudad Herrera, José, Estudio diseño y simulación de un sistema RFID basado en EPC, APE Books, 2005
- [8] Armada del Ecuador, Manual de procedimientos para el Centro de Abastecimientos de la Armada, 2005
- [9] Lai M, Elian, An analysis of Department of Defense supply chain Potential applications of the Auto-ID Center Technology to Improve Effectiveness, 2003
- [10] Jing, XU Research on of Logistics Technological Innovation and Logistics Information System Collaborative Linkage System based on RFID, MEIC 2014
- [11] Aldas, Juan, Análisis comparativo de las tecnologías RFID, HID Y AWID para proponer un sistema de ubicación y seguridad para libros en la biblioteca de la fiee de la EPN, 2008
- [12] Junta de Castilla y Leon, Tecnología de identificación por radiofrecuencia y sus principales aplicaciones 2007, disponible en <http://www.jcyl.es/web/jcyl/binarios/211/716/RFID.pdf>

- [13] Organización Regional de Sistemas de Información,
- [14] Armada del Ecuador, Dirección de Ingeniería Civil y Portuaria, planos de la Base Naval SUR, 2012
- [15] Especificaciones técnicas del equipo Motorola FX 9500 disponible en <http://www.grupohasar.com/sites/default/files/FX9500.pdf>, consultado 15 octubre 2014
- [16] Especificaciones técnicas de la etiqueta RFID Zebra GEN 2 disponible en <https://www.zebra.com/content/dam/zebra/.../uhf-datasheet-en-us.pdf> consultado 30 octubre 2014
- [17] Especificaciones técnicas del equipo impresora Zebra disponible en <https://www.zebra.com/us/en/support-downloads/industrial/zt230.html> consultado 18 octubre 2014
- [18] Especificaciones técnicas las antenas Motorola AN-400 y AN-480 disponible en [www.proexcom.com/RFID/AN400.pdf](http://www.proexcom.com/RFID/AN400.pdf) consultado 22 octubre 2014

## GLOSARIO

<b>SIGLA</b>	
CODESC	Comandancia de Escuadra
DIGLOG	Dirección de Logística de Armada
DIMARE	Dirección de Mantenimiento y Recuperación de Unidades Navales
CENABS	Centro de Abastecimientos de la Armada
RFID	Radio Frequency Identification
SISLOG	Sistema Logístico Naval
TIC'S	Tecnologías de la Información y telecomunicaciones
JCYL	Junta de Castilla y León

## ANEXOS

### Anexo 1: Parámetros técnicos Motorola FX 9500 [15]

<b>Parámetros Básicos</b>	
<b>Dimensión</b>	273 mm x 184 mm x 500 mm
<b>Peso</b>	2.13 kg
<b>Encapsulamiento</b>	Resistente a altas y bajas temperaturas, hecho de aluminio
<b>Temperatura de operación</b>	-20°C hasta +55°C
<b>Alimentación de energía</b>	24 V DC
<b>Corriente máxima de operación</b>	MAX 200mA
<b>Modo de operación</b>	Tecnología activa
<b>Interfaces</b>	RJ 45
<b>Parámetros de microondas</b>	
<b>Rango de frecuencias</b>	902-908 Mhz
<b>Rango de lectura</b>	< 100m
<b>Velocidad de lectura</b>	Hasta 200 km/h
<b>Dirección de lectura</b>	Direccional
<b>Sistema anticolidión</b>	Lee hasta 2000 etiquetas a la vez
<b>Tipo de antena</b>	R L circular
<b>Ganancia de la antena</b>	6 dbi
<b>Rango de onda estático</b>	< 1.5
<b>Otras funciones</b>	Comunicación doble vía, almacenamiento de datos

### Anexo 2: Parámetros técnicos etiqueta RFID [16]

<b>Parámetros Básicos</b>	
<b>Dimensiones</b>	86 mm x 36 mm x 7.5 mm
<b>Tipo de etiqueta</b>	Solo lectura
<b>Modo de operación</b>	Pasivo
<b>Rango de frecuencia</b>	860-960 Mhz
<b>Rango de lectura</b>	De 0 m a 250 m
<b>Tiempo de interrogación</b>	0.25s a 0,375s; 0.5s a 0.75s; 1s a 1.5s, 2s a 3s
<b>Velocidad a la que se lee</b>	Hasta 200km/h
<b>Sistema anti colisión</b>	2000 tarjetas simultáneas
<b>Alimentación de la batería</b>	3 V
<b>Energía en reposo</b>	<1uA
<b>Corriente de operación</b>	<12mA
<b>Poder de transmisión</b>	<1mW
<b>Resistencia</b>	Resistente al agua

### Anexo 3: Parámetros técnicos Impresora Zebra ZT-230[17]

<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Tecnología de Impresión</b>	Tipo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impresión térmica directa</li> <li>• Transferencia térmica opcional</li> <li>• Versiones disponibles para manipulación con mano</li> </ul>

	<p>derecha o con mano izquierda</p> <p>Rango de longitud de impresión:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 mm - 2500 mm</li> </ul>
<b>Entorno de usuario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura de funcionamiento: de 4°C a 38°C</li> <li>• Humedad de funcionamiento: de 10% a 90% sin condensación.</li> <li>• Temperatura de almacenamiento: de -40°C a 60°C</li> <li>• Humedad de almacenamiento de 5% a 95% sin condensación</li> <li>• Radiación electromagnética: se pueden tolerar campos de RF moderada.</li> </ul>
<b>Electricidad de uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alimentación: Tipo de encendido de selección automática de escala.</li> <li>• Escala de voltaje de entrada para CA: de 90 a 132 / de 180 a 264 VAC @ 47 a 63 Hz, selección automática de escala</li> <li>• Consumo de energía: 200 W en funcionamiento normal; 25 W en modo inactivo.</li> <li>• Protección del cabezal de impresora: Corte del sensor Thermistor en caso de temperatura elevada y reanudación automática de la impresión cuando se enfría.</li> <li>• Reloj integrado de tiempo real.</li> </ul>
<b>Niveles de integración</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puertos de comunicación: Estándar: USB, en paralelo Centronics®, de serie RS232 (DB-9) hasta 38.400 BPS, Internal Ethernet 10/100 Base-T Fast Ethernet, Opcional: Conectividad inalámbrica LAN de 802.11b/g interno con seguridad WPA (WEP 64,</li> </ul>

	<p>128, PSK; WPA LEAP, 64, 128; PSK64, 128; TKIP+40, +128).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Software: DMX Config: Utilidad de instalación completa de impresora, DMX NetManager, Páginas web de red incorporadas, Controladores de Windows: NT, XP, Vista</li> <li>• Firmware: Actualizaciones: disponibles en línea, Lenguaje universal de comandos de impresoras (Emulación): PL-Z Zebra y PL-I Intermec</li> </ul>
<p><b>Medios de impresión</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de medios: Solo etiquetas enrolladas hacia fuera y selección de etiquetas; alimentadas por bobinas, troqueladas, con muescas, reflectantes y continuas, lado imprimible plano con no más de 0,018 mm protuberancias en el lado opuesto</li> <li>• Rango de grosor de medios: 0,06mm - 0,25mm</li> <li>• Tipos de cinta: Interior y exterior recubiertos</li> <li>• Longitud máxima de la cinta: 650m</li> <li>• Tamaños del centro de la cinta: diámetro interno 25,6 mm +/- 0,2 mm); el centro no sobresale más allá del extremo de la cinta.</li> </ul>
<p><b>Códigos de comunicación</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria: Flash de 8MB– DRAM de 16MB</li> <li>• Códigos de barras:Lineales: Código 3 de 9, UPC-A, UPC-E,</li> <li>• Interleaved 2 de 5, Código 128, EAN-8, EAN-13, HIBC, Codabar, Plessey, UPC 2 y Addendums de 5 dígitos, Código 93, Postnet, UCC/EAN Código 128, Telepen</li> <li>• Símbologías en 2D: MaxiCode, PDF417, USD-8,</li> </ul>

	Datamatrix, QR Code, Aztec, TLC 39, Micro PDF417.
<b>Fuentes y gráficos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuentes residentes: Diez fuentes alfanuméricas de 2 mm a 6 mm, incluidas OCR-A, OCR-B, y la fuente uniforme CG Triumvirate™ de AGFA® – Fuentes escalables: CG Triumvirate negrita condensada, CG Triumvirate &amp; CG Times compatibles con caracteres cirílicos, griegos, árabes y hebreos.</li> <li>• Tipos de fuente que se pueden descargar: True-Type, de mapa de bit.</li> <li>• Conjunto de caracteres:– Más de 50 conjuntos de caracteres residentes; Compatibilidad con Unicode/UTF8.</li> <li>• Expansión y rotación de fuente: Todas las fuentes pueden ampliarse vertical y horizontalmente hasta 24x; las fuentes y los gráficos se pueden imprimir en cuatro direcciones: 0°, 90°, 180° y 270°s</li> <li>• Gráficos admitidos: archivos .PCX, .BMP y .IMG</li> <li>• Campos invertidos/imagen espejo: Cualquier campo de fuente o gráfico puede imprimirse como una imagen normal o invertida• Capacidad de impresión de lenguaje internacional (ILPC):– Kanji Gothic B escalable – Hangul Coreano– Chino simplificado GB.</li> </ul>
<b>Opciones adicionales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transferencia térmica (instalada de fábrica)</li> <li>• Protector de cinta (instalado de fábrica)</li> <li>• LAN interna inalámbrica (DMXrfNET II)</li> <li>• Rodillos tensores (instalado de fábrica)</li> <li>• Pantalla de panel frontal remota con cable de 6m</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RFID(codifica etiquetas EPC Clase1/Gen2)</li> <li>• Host USB/SDIO</li> <li>• Cortadora</li> </ul>
--	--

#### Anexo 4: Parámetros técnicos Antena Motorola AN-480 [18]

<b>Parámetros Básicos</b>	
<b>Dimensiones</b>	25.91 cm L x 25.91 cm W x 3.35 cm
<b>Peso</b>	4 lbs./1.8 Kg
<b>Polarización</b>	LHCP and RHCP
<b>Rango de frecuencia</b>	865-956 MHz
<b>Impedancia</b>	50 Ohm
<b>Ganancia</b>	6dBi
<b>Potencia</b>	2 watts
<b>Ancho de Haz</b>	Vertical 3 dB 65° Horizontal 3 dB 65°

#### Anexo 4: Parámetros técnicos Antena Motorola AN-400 [18]

<b>Parámetros Básicos</b>	
<b>Dimensiones</b>	71.7 cm L x 31.7 cm W x 3.8 cm D
<b>Peso</b>	8 lbs./3.6 Kg
<b>Polarización</b>	2 Arreglos polarizados circularmente
<b>Rango de frecuencia</b>	865-956 MHz
<b>Impedancia</b>	50 Ohm
<b>Ganancia</b>	6dBi

<b>Potencia</b>	2 watts
<b>Ancho de Haz</b>	Vertical 3 dB 60°