

PROPUESTA DEL USO DE DRONES EN EL PUERTO DE BUENAVENTURA  
PARA LOS MUELLES 5, 6, 7 Y 8, EN EL PROCESO PORTUARIO DE  
CONTENEDORES Y LA DISMINUCIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS, TOMANDO  
COMO REFERENCIA LA VISITA AL PUERTO INTERNACIONAL DE  
MIRAFLORES DE PANAMÁ.

JUAN SEBASTIAN CONTRERAS MORENO CÓD. 539251

UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ALTERNATIVA VISITA TECNICA INTERNACIONAL  
BOGOTA  
2019

PROPUESTA DEL USO DE DRONES EN EL PUERTO DE BUENAVENTURA  
PARA LOS MUELLES 5, 6, 7 Y 8, EN EL PROCESO PORTUARIO DE  
CONTENEDORES Y LA DISMINUCIÓN DE RIESGOS ASOCIADOS, TOMANDO  
COMO REFERENCIA LA VISITA AL PUERTO INTERNACIONAL DE  
MIRAFLORES DE PANAMÁ.

JUAN SEBASTIAN CONTRERAS MORENO CÓD 539251

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial.

Director  
LUIS FRANCISCO PEDRAZA ARCHILA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ALTERNATIVA VISITA TECNICA INTERNACIONAL  
BOGOTÁ D.C.  
2019



## Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:  
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

### Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

### Bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá, 27 noviembre de 2019

## CONTENIDO

RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
1. GENERALIDADES	10
1.1 ANTECEDENTES	10
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2.1 Descripción del problema.	11
1.2.2 Formulación del problema.	12
1.3 OBJETIVOS	12
1.3.1. Objetivo general.	12
1.3.2 Objetivos específicos.	12
1.4 JUSTIFICACIÓN	13
1.5 DELIMITACIONES	13
1.5.1 Espacio.	13
1.5.2 Tiempo.	13
1.5.3 Alcance.	13
1.6 MARCO REFERENCIAL	14
1.6.1 Marco Teórico	14
1.6.2 Marco conceptual:	25
1.6.3 Marco Legal:	27
1.7 METODOLOGÍA	28
1.7.1 Tipo de estudio.	28
1.7.2 Fuentes de información.	28
1.7.2.1 Primarias.	28
1.7.2.2 Secundarias.	28
1.8 DISEÑO METODOLÓGICO	28
2. DIAGNÓSTICO DEL TERMINAL INTERNACIONAL DE MIRAFLORES DE PANAMÁ Y DEL PUERTO DE BUENAVENTURA DE COLOMBIA.	31
2.1 PUERTO DE MANZANILLO	31
2.1.1 Historia:	31
2.1.2 Canal de Acceso:	31
2.1.3 Ubicación:	32
2.1.4. Muelles:	33
2.1.5 Seguridad	34
2.2 PUERTO DE BUENAVENTURA:	37
2.2.1 Historia:	37
2.2.2 Canal de acceso:	37
2.2.3 Ubicación	38

2.2.4. Muelles:	39
2.2.5 Seguridad:	42
2.2.6 Indicadores de desempeño del puerto de Buenaventura:	43
2.2.7 Matriz DOFA del puerto de Buenaventura:	44
2.3 COMPARATIVO TERMINAL INTERNACIONAL DE MANZANILLO DE PANAMÁ VS PUERTO DE BUENAVENTURA DE COLOMBIA:	45

### 3. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PORTUARIO DE MANEJO DE CONTENEDORES Y LOS RIESGOS ASOCIADOS 48

3.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL PROCESO DE MANIPULACIÓN DE LOS CONTENEDORES EN LOS PUERTOS.	48
---	----

### 4 PRINCIPALES FUNCIONES DEL DRON DENTRO DEL PROCESO DE MANEJO DE CONTENEDORES Y SEGURIDAD DE LOS MISMOS 61

4.1 SELECCIÓN DEL MODELO DE DRON A UTILIZAR PARA LA PROPUESTA:	61
4.2 ESPECIFICACIONES DEL MODELO DE DRON A UTILIZAR SEGÚN LAS NECESIDADES DEL PUERTO:	63
4.2.2 Videocámara	63
4.2.2.1 Ligereza	64
4.2.2.2 Robustez	64
4.2.2.3 Lentes intercambiables	64
4.2.2.4 Memoria de grabación de imágenes y video	64
4.2.2.5 Señal wifi	64
4.2.3 Vehículo aéreo (dron)	64
4.2.3.1 El material	65
4.2.3.2 Velocidad	65
4.2.3.3 Baterías	65
4.2.3.4 Control	65
4.2.3.5 Motores	65
4.2 FUNCIONES QUE DESARROLLARÍA EL DRON EN LAS ACTIVIDADES DEL PUERTO DE BUENAVENTURA:	67

### 5. PROPUESTA DEL USO DE DRONES EN EL PUERTO DE BUENAVENTURA PARA EL PROCESO PORTUARIO DE CARGUE Y DESCARGUE DE CONTENEDORES. 70

5.1 ANÁLISIS PRELIMINAR DEL USO DEL DRON	70
5.1.1 Plan diario de buques.	70
5.2 PLAN DE VUELO	71
5.2.1 Plan de Vuelo en el proceso de embarque y desembarque de contenedores.	71
5.2.2 Plan de vuelo para el proceso de almacenamiento de mercancía.	72
5.2.3 Plan de vuelo para el plan de vigilancia.	72
5.2.4 Estrategias para evitar obstáculos	72

5.3 DESPLIEGUE DEL DRON	72
5.3.1 Modos de operación del dron en el puerto.	73
FUENTE: EL AUTOR.	74
5.4 CANTIDAD DE DRONES A UTILIZAR EN LA PROPUESTA	74
5.5 PERSONAL ENCARGADO DE LA OPERACIÓN DEL DRON	75
5.6.1 Mantenimiento Preventivo De Los Drones.	77
5.6.2 Mantenimiento Correctivo De Los Drones	78
5.7 PRESUPUESTO	79
CONCLUSIONES	83
RECOMENDACIONES	85
BIBLIOGRAFÍA	86

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro comparativo de 4 principales puertos en el mundo	15
Tabla 2 Avances de 4 principales puertos en el mundo.	17
Tabla 3 Cantidad de movimiento de mercancía en el puerto de Buenaventura años 2017, 2018 y 2019.	18
Tabla 4 Principales productos exportados desde el puerto de Buenaventura en el 2019	20
Tabla 5 Principales productos que se importan en el puerto de Buenaventura	21
Tabla 6 Tipos de terminales portuarias y su especialidad.	23
Tabla 7 Normatividad de Colombia en puertos marítimos.	27
Tabla 8 Diseño Metodológico	29
Tabla 9 DOFA del puerto internacional de Manzanillo de Panamá	35
Tabla 10 Especializaciones de muelles de puerto de Buenaventura	39
Tabla 11 Especificaciones de los muelles del puerto de Buenaventura.	40
Tabla 12 Áreas disponibles para almacenamiento de cargas en el puerto de Buenaventura	41
Tabla 13 Indicadores del puerto de Buenaventura.	43
Tabla 14 DOFA del puerto de Buenaventura	44
Tabla 15 Comparación del terminal internacional de Manzanillo y puerto de Buenaventura:	45
Tabla 16 Descripción general de las operaciones de manipulación de los contenedores en los puertos.	49
Tabla 17. Matriz de riesgos en los puertos marítimos a nivel general.	59
Tabla 18 Características a evaluar para selección del dron.	61
Tabla 19 Comparativo y evaluación de drones en el mercado	62
Tabla 20 Características técnicas del dron.	66
Tabla 21 Beneficios al usar un dron en de acuerdo en la actividad del puerto.	67
Tabla 22 Cantidad de drones a utilizar.	75
Tabla 23 Presupuesto inicial de uso de drones en el puerto de Buenaventura.	79
Tabla 24 Presupuesto estimado para el 2021.	80
Tabla 25 Presupuesto estimado para el 2022.	81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Participación del tipo de carga de la sociedad portuaria regional de Buenaventura 2019.	19
Figura 2 Carga de contenedores en toneladas y TEUS en el 2019.	22
Figura 3 Unidades de TEUS por zona portuaria.	22
Figura 4 Tipos de contenedores en la industria marítima:	25
Figura 5 Tipos de drones según su uso	26
Figura 6 Canal de acceso al terminal internacional de Manzanillo - Panamá	32
Figura 7 Ubicación del terminal internacional de Miraflores de Panamá.	33
Figura 8 Distribución del espacio en la terminal internacional de Manzanillo.	34
Figura 9 Canal de acceso al puerto de Buenaventura.	38
Figura 10 Ubicación geográfica del puerto de Buenaventura.	39
Figura 11 Distribución de los muelles del puerto de Buenaventura.	40
Figura 12 Distribución de los muelles del puerto de Buenaventura	49
Figura 13 Actividades de carga y estiba en los puertos marítimos.	50
Figura 14 Actividades de desestiba y descarga en los puertos marítimos.	51
Figura 15 Actividad de trasbordo de mercancía entre buques en puerto marítimo.	51
Figura 16 Movimiento de grúas tipo RTG en Miraflores.	53
Figura 17 Proceso de desplazamiento de contenedores en Miraflores.	54
Figura 18 Proceso de transporte terrestre de contenedores en Miraflores.	55
Figura 19 Salida del contenedor por medio del transporte terrestre de la terminal internacional de Miraflores.	55
Figura 20 Sala de control del terminal internacional de Manzanillo	56
Figura 21 Modelo de cámara térmica para dron	63
Figura 22 Modelo de dron a utilizar en el puerto marítimo.	65
Figura 23 Modelo propuesto para la preparación de los drones	70
Figura 24 Grafica de plan de vuelo del dron en el proceso de embarque y desembarque de contenedores.	71
Figura 25 Zona de descanso para los drones.	73
Figura 26 Modos de operación del dron.	74
Figura 27 proceso de carga y descarga con ayuda del dron	76
Figura 28 Modelo de formato de control de mantenimiento de drones.	78

## RESUMEN

La elaboración de este documento se genera gracias a la visita técnica internacional a Panamá que realizó la Universidad Católica de Colombia, en la cual se realizaron una serie de conferencias y visitas, entre ellas al terminal internacional de Manzanillo. A partir de esto se realiza un estudio para generar mejoramiento en cuanto a los aspectos de seguridad y logística al puerto de Buenaventura de Colombia tomando como base la experiencia vivida en la visita y en los datos e imágenes recolectadas de la terminal de Manzanillo para generar una mayor competitividad y reconocimiento mundial para el puerto nacional.

Una vez se hace un recorrido de los aspectos más importantes de las respectivas terminales marítimas y un comparativo entre estas, se genera la propuesta del uso de drones para el mejoramiento en la seguridad y en los distintos procesos logísticos relacionados con el manejo de los contenedores de distintas clases de cargas en el puerto de Buenaventura, las características que debería tener el dispositivo a utilizar y procesos necesarios para llevar a cabo dicha propuesta, se pretende dar una idea de lo necesario que es implementar la tecnología en los procesos portuarios para obtener mejoras logísticas en cuanto a tiempos y uso de recurso humano.

**Palabras clave:** Contenedores, Panamá, Buenaventura, dron, logística, seguridad, propuesta y mejoramiento.

## ABSTRAC

The preparation of this document is generated thanks to the international technical visit to Panama made by the Catholic University of Colombia, in which a series of conferences and visits were made, among them to the international terminal of Manzanillo. From this, a study is carried out to generate improvement in terms of security and logistics aspects of the Buenaventura port of Colombia based on the experience lived in the visit and in the data and images collected from the Manzanillo terminal to generate a greater competitiveness and global recognition for the national port.

Once a tour of the most important aspects of the respective maritime terminals and a comparison between them is made, the proposal of the use of drones for the improvement in security and in the different logistic processes related to the handling of containers of different types of cargo in the port of Buenaventura, the characteristics that the device to use and the processes necessary to carry out this proposal should have, it is intended to give an idea of how necessary it is to implement the technology in the port processes to obtain logistic improvements in terms of time, logistics and use of human resources.

**Keywords:** Containers, Panama, Buenaventura, drone, logistics, security, proposal and improvement.

## GLOSARIO

**Cadena de suministro:** “la cadena de suministro es la preparación y distribución de un elemento o producto para su venta, es el proceso que se encarga de la planificación o coordinación de las tareas a cumplir para poder realizar la búsqueda, obtención y transformación de distintos elementos y de esta forma poder comercializar un producto para que sea de fácil acceso al cliente, al público.”<sup>1</sup>

**Carga:** “cargamento o conjunto de mercancías que para que su transporte de un puerto a otro se embarca y desembarcan en las naves/ buques/ embarcaciones”<sup>2</sup>.

**Contenedor:** “procede del inglés container, es un recipiente que se utiliza para depositar residuos o un embalaje grande, de dimensiones y tipos normalizados internacionalmente, que se utiliza para el traslado de mercancías”<sup>3</sup>

**Dron:** “vehículo aéreo que vuela sin tripulación. Su nombre se deriva del inglés dron, que en español significa “abeja macho”. Existen drones de diversos tamaños y con diferentes finalidades. Sin embargo, es importante indicar que este tipo de máquinas existen desde hace mucho tiempo, pese a que su fabricación resultaba un tanto costosa y que tampoco se contaban con las características que poseen actualmente”<sup>4</sup>.

**Eslora:** “es la longitud del buque. Es frecuente medir la eslora en pies.”<sup>5</sup>

**Estiba:** “son las diferentes operaciones que se realizan con las mercancías para ubicarlas correctamente en las áreas y zonas de carga, teniendo en cuenta todas las normas de seguridad aplicables en cada operación.”<sup>6</sup>

**Logística:** el inglés logistics, la logística es el conjunto de los medios y métodos que permiten llevar a cabo la organización de una empresa o de un servicio. La logística empresarial implica un cierto orden en los procesos que involucran a la producción y la comercialización de mercancías<sup>7</sup>

---

<sup>1</sup> <http://mdc.org.co/que-es-la-cadena-de-suministro-y-cuales-son-sus-funciones/>

<sup>2</sup> SUPERTRANSPORTE, Glosario [on line], 2019, <[https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos\\_09/2019-08-06\\_DOC\\_BASE\\_BOLETIN\\_PRIMER\\_SEMESTRE\\_2019\\_.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos_09/2019-08-06_DOC_BASE_BOLETIN_PRIMER_SEMESTRE_2019_.pdf)> citado el 08 de septiembre de 2019

<sup>3</sup> <https://definicion.de/contenedor/>

<sup>4</sup> <https://conceptodefinicion.de/dron/>

<sup>5</sup> <https://sailandtrip.com/partes-del-barco-dimensiones/>

<sup>6</sup> Operaciones y servicios portuarios (nivel 1)-¿Cuáles son los términos que se deben conocer?- [en línea] (2014) <[http://www.apmarin.com/download/686\\_opsp1.pdf](http://www.apmarin.com/download/686_opsp1.pdf)>.

<sup>7</sup> <https://definicion.de/logistica/>

**Manga:** “es la anchura del barco. Como la manga no es constante a lo largo de todo el barco, llamaremos manga máxima a la parte más ancha del barco que normalmente suele coincidir con la cuaderna maestra.”<sup>8</sup>

**Muelle:** es un andén o pared edificada a la orilla del mar, río o lago para permitir el embarque, cargue y descargue de una embarcación.

**Puerto marítimo:** “el lugar natural o construido en la costa o en las orillas de un río, defendido de los vientos y dispuesto para detenerse las embarcaciones y para realizar las operaciones de carga y descarga de mercancías, embarque y desembarco de pasajeros, etc.”<sup>9</sup>

**Riesgo:** “combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas, los factores que lo componen son la amenaza y la vulnerabilidad”<sup>10</sup>

**Seguridad:** término seguridad posee múltiples usos. A grandes rasgos, puede afirmarse que este concepto que proviene del latín securitas hace foco en la característica de seguro, es decir, realza la propiedad de algo donde no se registran peligros, daños ni riesgos. Una cosa segura es algo firme, cierto e indubitable. La seguridad, por lo tanto, puede considerarse como una certeza.

**Sociedad portuaria:** “son sociedades anónimas, constituidas con capital privado, público o mixto, cuyo objetivo social será la inversión en construcción y mantenimiento de puertos, y su administración. Las sociedades portuarias prestan servicios de cargue y descargue, de almacenamiento en puertos, y otros servicios directamente relacionados con la actividad portuaria”<sup>11</sup>

**Terminal Portuaria:** “la instalación o conjunto de instalaciones portuarias que constituyen la interface entre el modo de transporte marítimo y los demás modos de transporte”<sup>12</sup>

---

<sup>8</sup> <https://sailandtrip.com/partes-del-barco-dimensiones/>

<sup>9</sup> XAVIER DOMÈNECH FERNÁNDEZ -estudio de la viabilidad de un dron en la industria marítima [en línea] (2017)([https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106325/113207\\_Estudio%20de%20la%20viabilidad%20de%20un%20Dron%20en%20la%20industria%20mar%C3%ADtima\\_Xavier%20Domenech%20Fernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106325/113207_Estudio%20de%20la%20viabilidad%20de%20un%20Dron%20en%20la%20industria%20mar%C3%ADtima_Xavier%20Domenech%20Fernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y))

<sup>10</sup> CIIFEN, aproximación para el cálculo de riesgo, [en línea], (2017), <[http://www.ciifen.org/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=336&language=es](http://www.ciifen.org/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=84&Itemid=336&language=es)], (citado el 08 de septiembre de 2019).

<sup>11</sup> SUPERTRANSPORTE, Glosario [on line] citado {25 de agosto de 2019} disponible en ([https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos\\_09/2019-08-06\\_DOC\\_BASE\\_BOLETIN\\_PRIMER\\_SEMESTRE\\_2019\\_.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos_09/2019-08-06_DOC_BASE_BOLETIN_PRIMER_SEMESTRE_2019_.pdf))

<sup>12</sup> MÁS QUE INGENIERÍA, ¿Qué es una terminal portuaria? {en línea} {25 de agosto de 2019} disponible en (<https://masqueingenieria.com/blog/que-es-una-terminal-portuaria/>)

**TEU:** “acrónimo de Twenty-foot Equivalent Unit - Unidad Equivalente a Veinte Pies y que se usa como unidad de medida inexacta en transporte marítimo expresada en contenedores.”<sup>13</sup>

**Tráfico portuario:** “operaciones de entrada, salida, atraque y desatraque, estancia y reparación de buques en puerto, así como el almacenamiento temporal de dichas mercancías en el espacio portuario”.<sup>14</sup>

**Zona portuaria:** “se entiende por zona portuaria, el espacio en físico donde se efectúan las operaciones portuarias y ejerce sus funciones el administrador portuario, el cual comprende los siguientes elementos:

En el espacio acuático: La rada, el fondeadero, el canal de acceso y la dársena, en

En el espacio terrestre: Los muelles, fijos o flotantes, las rampas, las monoboyas, las multiboyas, las plataformas de embarque, grúas, los patios, las vías internas, los almacenes y los edificios de uso para las actividades portuarias”

---

13 DICCIONARIO DE COMERCIO EXTERIOR, teu, [en línea], (2019)< <http://www.comercio-exterior.es/es/action-diccionario.diccionario+idioma-223+1-T+p-1679+pag-/Diccionario+de+comercio+exterior/TEU.htm>, citado el 08 de septiembre de 2019)

14 SUPERTRANSPORTE, Glosario [en line], citado {25 de agosto de 2019} disponible en ([https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos\\_09/2019-08-06\\_DOC\\_BASE\\_BOLETIN\\_PRIMER\\_SEMESTRE\\_2019\\_.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos_09/2019-08-06_DOC_BASE_BOLETIN_PRIMER_SEMESTRE_2019_.pdf))

## INTRODUCCIÓN

Las terminales marítimas de cada uno de los países representan una de las principales fuentes de desarrollo de comercio tanto a nivel interno como externo debido a que por medio de estas terminales se puede llegar a ser más competente ante los demás países que utilizan este medio de transporte para enviar distintas materias primas o productos terminados de un país a otro.

Los puertos marítimos son reconocidos principalmente por manejar un gran desarrollo logístico y económico, se efectúan movimientos de mercancía y permite el avance del país, se deben aprovechar el uso de la tecnología como medio de desarrollo en el desempeño del puerto de Buenaventura y tener una mejor competitividad a nivel mundial.

Dentro de los puertos más reconocidos de América Latina se encuentra el Puerto de Buenaventura, el cual tiene una ubicación estratégica que ayuda al buen desarrollo del país y que gracias a los avances tecnológicos y logísticos ha podido avanzar significativamente frente a los otros puertos de países vecinos de Colombia.

El uso de drones puede llegar a ser una buena estrategia para el buen mejoramiento de la logística y seguridad de los puertos marítimos, específicamente hablando de puerto de Buenaventura, los drones ofrecerían la posibilidad de realizar distintas inspecciones a nivel de seguridad de las embarcaciones y de los contenedores que se encuentren en la zona, permite verificar instantáneamente incluso en los lugares de difícil acceso sin poner en peligro a ninguno de los empleados.

El estudio que se realizó para el desarrollo de la propuesta del uso de drones en el puerto de Buenaventura se fundamentó en la visita técnica internacional al puerto de Miraflores de Panamá que se realizó por medio de la Universidad católica de Colombia, identificando los avances tecnológicos y logísticos que representan este tipo de lugares en los países y la necesidad de mejorar los procesos que se realizan para un mejor aprovechamiento de los recursos, se encontraron algunas ventajas y desventajas en el uso de esta tecnología.

Se puede concluir del estudio realizado que los avances tecnológicos pueden ser un gran aliado a la hora de mejorar los procesos de seguridad y optimizar los procesos logísticos que se realizan en los puertos marítimos, ahorrando dinero y tiempo en los procesos en donde se aplique la mejora, lo anterior puede ser un factor de reconocimiento en el mercado a nivel internacional y llamar la atención de nuevos clientes, obteniendo un mejoramiento económico para todo el país.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 ANTECEDENTES

“Los puertos constituyen uno de los puntos logísticos más importantes de los países costeros. No se es consciente de la cantidad de mercancías que se mueven por vía marítima, pero según la Organización Mundial de Comercio, el 80% se hace por este medio, por lo que se puede hacer una idea de la importancia que tienen los puertos en este proceso.

Habitualmente se distingue entre puertos de altura y de cabotaje. Los primeros son los que se encargan del tráfico internacional, mientras que los de cabotaje se ocupan de movimientos entre puertos nacionales.

Existen más de 6.000 puertos en el mundo, pero solo unos centenares concentran el tráfico marítimo mundial. La actividad diaria de estos puertos es frenética.”<sup>15</sup>

Las terminales marítimas a nivel mundial representan una de las mejores fuentes económicas, por lo tanto varios países están apostándole a este sector para lograr ser más competitivos en el mercado, la seguridad en los puertos puede ser un factor de atracción para algunos clientes que tienen el interés de generar un traslado de productos o de materias primas con la mayor seguridad posible, por lo tanto se puede decir que la implementación de la tecnología en este tipo de terminales puede resultar muy útil tanto para los clientes al tener en cierta forma su carga mucho más segura.

En cuanto al uso de los drones se puede determinar que son un elemento que está trayendo algunos beneficios de logística y seguridad a los distintos puertos a nivel mundial, “Hoy en día, los drones están en funcionamiento en múltiples puertos, terminales e instalaciones marítimas de todo el mundo; algunos se han utilizado para inspeccionar el nuevo puerto del Golfo de Israel en Haifa, mientras que otros se han probado en el Puerto de Singapur como un método para entregar pequeñas cargas.

Mientras que los aviones no tripulados en los puertos mencionados anteriormente se han utilizado para inspecciones y observación, los dispositivos de aviones no tripulados de Abu Dhabi Ports han formado la base de sus medidas de vigilancia y seguridad en las instalaciones del puerto de Khalifa y KIZAD, permitiendo a la empresa “verificar instantáneamente incluso los accesos difíciles” ubicaciones desde diversas perspectivas, sin poner a ningún empleado en peligro”.

Según Marius Johansen, vicepresidente comercial de Wilhelmsen, el rápido avance de la tecnología de aviones no tripulados también está impulsando el desarrollo de

---

<sup>15</sup> .PROSERTEK- ¿CÓMO FUNCIONA UN PUERTO? [en línea]<<https://prosertek.com/es/blog/como-funciona-un-puerto/>>[citado en 12 de mayo de 2019].

“soluciones tecnológicas clave como la localización de barcos y el aterrizaje de precisión, los sistemas de liberación de carga útil y la comunicación 4G / LTE liviana y confiable”.

En abril de 2018, el proveedor de logística GEODIS se unió a DELTA DRONE para desarrollar “una solución completamente automatizada para la gestión de inventarios de productos utilizando drones no tripulados”, la primera de su tipo.,

Según los inspectores marítimos, los drones pueden evaluar los daños de los buques, realizar operaciones de búsqueda y rescate y evaluar la contaminación ambiental.

Los drones son usados, en el “reconocimiento de actividades delictivas” y el “espionaje”. Es por esta razón que los puertos como Rotterdam (Holanda) han impuesto reglas y regulaciones estrictas sobre el uso de aviones no tripulados, prohibiendo a los operadores privados volar sobre las áreas portuarias sin un permiso o permiso especial”.<sup>16</sup>

## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 Descripción del problema.**

“Los puertos marítimos son uno de los principales motores de la economía, por esta razón están expuestos a muchos riesgos y amenazas de seguridad nacional de cada uno de los países ya que representan la entrada y la salida al comercio internacional, por esta razón es importante empezar a emplear mejores técnicas de seguridad para tener siempre el control de las amenazas que están actualmente y las que puede aparecer en un futuro en este tipo de espacios.

A nivel general, se puede decir que los puertos de muchas partes del mundo se encuentran en una situación expansiva desde hace varios años, por distintos factores que intervienen de manera directa con este tipo de espacios, como por ejemplo la situación económica del país, la aceleración del intercambio comercial con otros países y el aumento de turismo en la zona.

La problemática de la inseguridad en los puertos marítimos debería enfocar su concentración en la llegada de las embarcaciones grandes, las que transportan el mayor número de contenedores debido a que estas son las que representan un mayor número de tráfico tanto a nivel marítimo como terrestre y son más factibles de presentar algún tipo de evento de inseguridad.”<sup>17</sup>

---

<sup>16</sup>CAMARA MARITIMA DE ECUADOR-La tecnología de drones revoluciona a puertos y terminales [en línea]<<http://www.camae.org/digitalizacion-2/la-tecnologia-de-drones-revoluciona-a-puertos-y-terminales/>>[citado en 13 de mayo de 2019]

<sup>17</sup> .SEGURIDAD EN AMERICA- SEGURIDAD EN PUERTOS MARITIMOS [en línea]<<https://www.seguridadenamerica.com.mx/noticias/articulos/15096/seguridad-en-puertos-maritimos>>

En Colombia la inseguridad puede llegar a ser una problemática que se debe mejorar cada día, tanto por el buen funcionamiento de la economía nacional en este tipo de lugares, como por el reconocimiento que tienen los puertos nacionales, aumentar las ventajas competitivas para las empresas que usan estos espacios con sus envíos de mercancías, si existe más seguridad y control en los puertos, se tendrá un mayor rendimiento en los procesos operativos del puerto, obteniendo mejoras en las funciones de manipulación de contenedores y seguridad en su contenido.

En Colombia, es importante modificar de manera significativa los aspectos anteriormente mencionados, debido a que mejoraría considerablemente el desarrollo de este tipo de lugares que reflejan parte de la economía de todo el país, por esta razón se desea analizar si por medio de la implementación de los drones en el terminal marítimo de Buenaventura que es uno de los principales puertos de Colombia, puede llegar a tener un beneficio tanto en la parte de seguridad, como en la logística en algunas operaciones.

### **1.2.2 Formulación del problema.**

¿Es viable el uso de los drones como apoyo en el proceso portuario de almacenamiento y seguridad de contenedores?

## **1.3 OBJETIVOS**

**1.3.1. Objetivo general.** Elaborar una propuesta del uso de drones en el puerto de Buenaventura para los muelles 5, 6, 7 y 8, en el proceso de importación y exportación de contenedores y la disminución de riesgos asociados, tomando como referencia la visita al puerto internacional de Miraflores de Panamá.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

Realizar un diagnóstico del terminal internacional de Miraflores de Panamá y del puerto de Buenaventura de Colombia.

Caracterizar el proceso portuario de manipulación de contenedores y los riesgos asociados.

Describir las principales funciones del dron dentro del proceso de manejo de contenedores y seguridad de los mismos.

Generar la propuesta del uso de drones en el puerto de Buenaventura para el proceso portuario de cargue y descargue de contenedores y la disminución de riesgos asociados al proceso

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

El Programa de Ingeniería Industrial a través del tiempo se ha caracterizado por promover las visitas técnicas a otros países para motivar al estudiante a generar nuevas ideas en su país de origen, tratar de cambiar con las experiencias vividas en el viaje algunos procesos de diferentes sectores económicos de Colombia, de acuerdo a lo anterior y según la experiencia en la visita a Panamá, se ve la necesidad de generar una propuesta que utilice la tecnología (drones) para el mejoramiento de las funciones en el terminal marítimo de Buenaventura, al ver de manera directa el terminal de Miraflores se ve la magnitud que tiene este tipo de lugares para la economía del país, con el desarrollo del trabajo lo que se pretende es proponer la implementación de los drones para mejorar los rendimientos en la seguridad y logística en el puerto nacional.

El motivo principal del trabajo es lograr de alguna manera optimizar algunos procesos del puerto marítimo de Buenaventura por medio de la utilización de tecnología nueva y eficaz, la cual puede añadir algunas nuevas herramientas para cumplir con los compromisos que actualmente se tienen y estar a la vanguardia de la globalización en el sector marítimo para el manejo de contenedores y lograr de cierta manera un incremento en el reconocimiento para nuevos clientes a nivel internacional, la optimización de tiempos y aprovechamiento de los lugares deben ser la base de una mejor organización, los drones representan un gran abanico de posibilidades para el presente y para el futuro en el mejoramiento de los procesos ya antes mencionados.

## **1.5 DELIMITACIONES**

### **1.5.1 Espacio.**

La elaboración de este trabajo tiene como base la información recolectada en la visita técnica internacional de Panamá, específicamente a la terminal internacional de Manzanillo.

### **1.5.2 Tiempo.**

El tiempo estimado para la realización de este proyecto será de alrededor de 4 meses, es decir será realizado desde agosto a noviembre de 2019, las actividades se desarrollarán de acuerdo a las fechas que estipule la Universidad Católica de Colombia para la entrega de los distintos avances del proyecto de grado.

### **1.5.3 Alcance.**

El proyecto alcanzará a generar una propuesta para el uso de drones en el terminal marítimo de Buenaventura como una estrategia para poder mejorar la logística y seguridad del puerto, la limitación del proyecto será la implementación y el

funcionamiento de los drones en la zona antes descrita, además de esto es importante tener en cuenta que el tiempo en el que se desarrollará el proyecto no se alcanzaría a generar la visita al puerto de Buenaventura y el tiempo de permanencia al MIT fue muy corto.

## 1.6 MARCO REFERENCIAL

### 1.6.1 Marco Teórico

“La historia de los puertos está íntimamente ligada a la historia de la navegación y del comercio. Seguramente los primeros grandes navegantes del Mediterráneo fueron los cretenses, pero poco ha quedado hoy en día de sus infraestructuras portuarias. Las primeras obras de este tipo de las que ese tiene constancia, 2000 años antes de Cristo, se deben a egipcios y fenicios.

Así, las primeras referencias arqueológicas correspondientes a un puerto se han hallado junto a la isla de Pharos, en Egipto, famosa especialmente por la torre iluminada que servía de guía a los barcos y que ha dado nombre genérico a estas construcciones”.<sup>18</sup>

“La mundialización de los intercambios económicos entre cada uno de los países ha hecho que el medio de transporte de mercancía evolucione y sea cada vez organizado para poder generar mayores beneficios económicos, es por esta razón que varios de las terminales marítimas a nivel mundial han empezado a cambiar y a implementar la tecnología en cada uno de sus procesos internos para mejorar cada día su logística para ser más competitivos en el mercado.

Según la Organización Mundial de Comercio (OMC) más del 80% de las mercancías que se comercializan alrededor del mundo se mueven por vía marítima, siendo los puertos marítimos puntos clave para esta acción.”<sup>19</sup>

En el mundo existen entre 6.000 y 7.000 puertos, aunque sólo unos pocos centenares tienen realmente una importancia significativa en un contexto global concentrando la mayor parte del tráfico marítimo.

Tradicionalmente los puertos han sido lugares de resguardo de las embarcaciones en los que se podían desarrollar con facilidad las operaciones de carga, descarga, embarque y desembarque. De hecho, el crecimiento y desarrollo de algunas ciudades se ha debido en gran medida a la existencia de un puerto junto a ellas en los que estas actividades se han podido llevar a cabo en condiciones idóneas, como

---

<sup>18</sup> XAVIER DOMÈNECH FERNÁNDEZ -estudio de la viabilidad de un dron en la industria marítima [en línea] (2017)<[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106325/113207\\_Estudio%20de%20la%20viabilidad%20de%20un%20Dron%20en%20la%20industria%20mar%C3%ADtima\\_Xavier%20Domenech%20Fernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106325/113207_Estudio%20de%20la%20viabilidad%20de%20un%20Dron%20en%20la%20industria%20mar%C3%ADtima_Xavier%20Domenech%20Fernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>[citado en 12 de mayo de 2019].

<sup>19</sup> GRUPO NW- Puerto marítimo de Buenaventura de gran importancia para el país [en línea]<<https://www.logimov.com/blog/nwarticle/15/1/puerto-maritimo-buenaventura-gran-importancia-para-el-pais>>>[citado en 12 de mayo de 2019]

es el caso de Londres o de Montreal ubicadas al resguardo de los ríos Támesis y Sr. Lawrence, respectivamente.

“Los países del mundo están construyendo flotas de control remoto para llevar a cabo misiones por tierra, mar y aire. Aunque sólo hay unos cuantos centenares de embarcaciones marítimas de control remoto en funcionamiento en todo el mundo, los drones ya han planteado una fuerte demanda y su futuro es todavía más prometedor. La industria marítima y naval hace uso de drones aéreos y submarinos para patrullar, explorar y vigilar. En Busan, Corea del Sur, los robots ya se usan para monitorizar aéreas cerca de los puertos y terminales. Además, ayudarán a tomar medidas contra embarcaciones que atracan ilegalmente y que pueden causar accidentes marítimos.”<sup>20</sup>

Es importante tener un panorama de los principales puertos del mundo, conocer cuales con las principales características y avances que han logrado este tipo de lugares en las potencias del mundo. En la tabla 1 se muestra una descripción de 4 de los puertos más importantes en el mundo, con sus principales datos de interés y principales características que los hacen famosos a nivel mundial por su buen funcionamiento y lugar estratégico para el comercio entre los distintos países:

Tabla 1 Cuadro comparativo de 4 principales puertos en el mundo

VISIÓN GENERAL DE LOS PUERTOS MARITIMOS EN EL MUNDO			
PUERTO	UBICACIÓN	MOVILIZACIÓN DE MERCANCIA	CARACTERÍSTICAS
<b>1. PUERTO DE HONG KONG</b>	Mar de china meridional, superficie: 1.104 Km <sup>2</sup>	14,7 Millones de TEU (Unidad equivalente a un contenedor de 20 pies), Estadísticas: 24,380,000 TEU	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta una ubicación estratégica entre las distintas rutas marítimas para todo el mundo.</li> <li>• Presenta servicio de Ferry y buenos servicios de rastreo de contenedores y precios cómodos para las empresas.</li> <li>• Cuenta con servicio de elevadores y grúas fijas y flotantes.</li> <li>• Cuenta con grandes espacios de diques y gradas que sirven como instalaciones de reparación para embarcaciones.</li> </ul>

<sup>20</sup> DRONES MARINOS POR TIERRA, MAR Y AIRE [en línea]< <https://www.kaspersky.es/blog/maritime-drones-deployment/5825/>>[citado en 11 de mayo de 2019]

Tabla 1. Continuación.

<b>2. PUERTO DE SHANGHÁI CHINA</b>	Municipalidad de Shanghái, compuesto por un puerto marítimo y otro fluvial.	37,24 millones de TEU	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es uno de los puertos de comercio exterior más importantes del mundo debido a que gracias a este puerto el 99% de las mercancías de la municipalidad de Shanghái se transporta por ahí</li> </ul>
<b>3. PUERTO MARITIMO DE TOKIO</b>	Ubicado en Japón en el Océano Pacífico,	Capacidad de tráfico anual de 100 millones de toneladas y 4.500.000 de TEU	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es uno de los principales Puertos que tiene Japón, con altos estándares de calidad, manejo de grúas flotantes, rastreo de mercancía móvil y gran generador de empleo para la zona.</li> </ul>
<b>4. PUERTO MARITIMO DE ROTTERDAM</b>	Ciudad de Rotterdam (Holanda), Países Bajos, Europa en el mar Norte. Superficie de: 10.500 ha	Han pasado más de 400 millones de toneladas en mercancía por este puerto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es el puerto marítimo más grande de Europa con más de 40 Km de longitud, presenta 6 terminales de crudo, 5 refinerías, 43 empresas químicas y petroquímicas y 3 empresas de gas.</li> <li>• Transición energética: Se está desarrollando un nuevo sistema de energía que requiere de mucha tecnología para poder mejorar los procesos de producción, ahorrando los consumos de combustible.</li> </ul>

Fuente. El Autor.

En la tabla 1 se ve las principales ideas que usan los puertos más importantes del mundo, no solamente generan actualizaciones a nivel de tecnología si no que buscan un mejoramiento en la parte de logística, seguridad y mercadeo haciendo uso de los planes internos de calidad o generando consultas externas a la misma población para generar nuevas ideas para aplicar en su desarrollo, es importante mencionar que todo lo anterior se debe considerar como una inversión, puede que en al principio no se vea la ganancia pero a futuro puede representar grandes ventajas comerciales y competitivas a nivel mundial, lo anterior se puede ver en el caso del puerto de Rotterdam, “El año 2018 se caracterizó por un alto nivel de inversión», valora el puerto, que cierra el curso con un desembolso de 408,1 de euros, un 91% de incremento. La mayor parte de esta inversión se corresponde al proyecto de accesibilidad logística del puerto de Rotterdam y a la reubicación de líneas ferroviarias”<sup>21</sup>

<sup>21</sup> EL PUERTO DE ROTTERDAM MARCA UN NUEVO MÁXIMO EN 2018 CON 469 MILLONES DE TONELADAS( En línea)< <http://elvigia.com/el-puerto-de-rotterdam-marca-un-nuevo-maximo-en-2018-con-469-millones-de-toneladas/>>(citado el 4 de noviembre 2019)

Los puertos marítimos son lugares de gran importancia para la economía de cualquier país, permite un mejor desarrollo y avance en varios sectores económicos y sociales, por lo tanto, es importante innovar y mejorar los procesos que se desarrollen en estos lugares para ser más competitivos y generar un mayor ingreso para el país, por lo anterior, se muestra en la tabla 2, una relación de los principales puertos del mundo y su estrategia tecnológica e innovación:

Tabla 2 Avances de 4 principales puertos en el mundo.

AVANCES DE LOS PRINCIPALES PUERTOS MARITIMOS EN EL MUNDO	
PUERTO	Avance tecnológico o novedad.
1. PUERTO DE HONG KONG	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sistematización de puertos tecnología de cambio e intercambio de datos electrónicos:</b> Permite el enlace entre los operadores de las líneas navieras y las terminales de contenedores para tener una mejor planeación en cuanto a la llegada u posicionamiento de los distintos contenedores.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Portal en la web E- business:</b> Enlace en el cual muestra información en tiempo real sobre los datos de interés a los distintos entes interesados de la zona de afluencia del puerto.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sistema Gerencial:</b> Se desarrollaron programas gerenciales especializados para cada área del proceso, coordinando de esta manera la parte tecnológica y humana que cumplen un papel en la terminal marítima.</li> </ul>
PUERTO MARITIMO DE ROTTERDAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Digitalización en el puerto:</b> Se realiza una búsqueda constante del mejoramiento tecnológico del puerto, haciendo que los procesos sean cada vez más sencillos y rápidos, cada vez están instalando más señales que ayuden a la comunicación del puerto con los operadores y con cada una de las áreas del mismo.</li> </ul>
PUERTOS DE CHINA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Sistema de automatización de carga de contenedores:</b> Este puerto es uno de los que tiene mejores condiciones tecnológicas en el mundo, se ha tratado de automatizar cada uno de los procesos, evitando la contratación de personas y haciendo más eficiente y rentable el transporte de los contenedores, la idea es seguir utilizando cámaras y automóviles autónomos sin conductores.</li> </ul>
PIERTO DE TOKIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Automatización y cámaras de alta tecnología en grúas:</b> Este puerto se caracteriza por tener gran precisión el desarrollo del transporte de los contenedores y gran seguridad de la mercancía que pasa por ese lugar.</li> <li>• <b>Open Innovation Contest 7.0:</b> El equipo de innovación del puerto de Tokio ha estado llevando a cabo diferentes programas de innovación abierta en la cual la mayoría de empresas del sector pueden participar posibles soluciones de algunos retos que muestra el puerto frente a cualquier temática, la idea es aprovechar el talento de la población para el mejoramiento y generar una participación activa de la sociedad.</li> </ul>

Fuente. El Autor.

De acuerdo a la tabla 2 se puede deducir que la innovación y los planes de mejoramiento continuo son aspectos que se deben trabajar en el día a día para poder ser más competitivos en el mercado internacional, no solo se puede innovar por medio de la tecnología, pueden existir varias formas de destacarse, usando la misma población como medio de banco de ideas para la generación de proyectos de corta, mediano y largo plazo, la ampliación de los espacios, o el ofrecimiento de algunos servicios complementarios pueden atraer nuevos clientes que pueden ser potenciales para el buen desarrollo de cualquier puerto marítimo en el mundo.

“Los puertos marítimos no solamente se pueden dedicar a la carga y descarga de contenedores llenos de mercancía o al embarque y desembarque de pasajeros de distintas partes del mundo, estos lugares se deben exigir cada vez más para lograr ser más competitivos y de esta manera obtener mejores rendimientos económicos que sin duda alguna beneficiarían en un gran porcentaje la economía interna, por esta razón es importante la implementación de la tecnología como una de las principales herramientas para controlar el tema de logística y seguridad.

En cuanto a la situación del puerto nacional de Buenaventura, es importante conocer el movimiento que se ha presentado en estos últimos meses para determinar un comportamiento en las actividades que presenta el puerto en la actualidad, “La sociedad portuaria de Buenaventura movilizó durante el primer semestre de 2019 6.8 millones de toneladas, registrando una variación negativa de 18% respecto al mismo periodo del año 2018”<sup>22</sup>

Tabla 3 Cantidad de movimiento de mercancía en el puerto de Buenaventura años 2017, 2018 y 2019.

Tipo de Carga	2017		2018		2019		Variación % 2018 - 2017	Variación % 2019 - 2018
	TON	Part. (%)	TON	Part. (%)	TON	Part. (%)		
Carbón Al Granel	49.500	0,5	-	-	-	-	-100,0	0,0
Granel Sólido Dif. Carbón	2.093.263	22,3	1.585.524	18,9	1.247.688	18,1	-24,3	-21,3
Granel Líquido	200.387	2,1	131.770	1,6	222.698	3,2	-34,2	69,0
Contenedores	4.628.555	49,4	5.831.849	69,4	4.869.624	70,7	26,0	-16,5
General	2.401.835	25,6	857.201	10,2	552.101	8,0	-64,3	-35,6
<b>Total Toneladas</b>	<b>9.373.540</b>	<b>100</b>	<b>8.406.344</b>	<b>100</b>	<b>6.892.112</b>	<b>100</b>	<b>-10,3</b>	<b>-18,0</b>

Unidad: Tonelada

Fuente. SUPERTRANSPORTE, Sociedad portuaria regional de Buenaventura [en línea], Bogotá [8 de septiembre de 2019]

<sup>22</sup> SUPERTRANSPORTE, sociedad portuaria regional de Buenaventura [en línea], 2019, < [https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos\\_09/2019-08-06\\_DOC\\_BASE\\_BOLETIN\\_PRIMER\\_SEMESTRE\\_2019\\_.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos_09/2019-08-06_DOC_BASE_BOLETIN_PRIMER_SEMESTRE_2019_.pdf)> citado el 08 de septiembre de 2019

De acuerdo a la tabla 3, se puede determinar de manera más clara el nivel de participación que tiene cada uno de los sectores que tiene el puerto de Buenaventura según su tipo de carga, sin duda alguna el movimiento de contenedores es uno de los fuertes de este puerto a pesar de que es un puerto multipropósito.

“El 70.7% corresponde a la participación de carga, en contenedor, con un movimiento de 4.8 millones de toneladas y una variación negativa del 16.5% (962 mil toneladas menos).

El segundo tipo de carga que registro mayor movimiento fue granel solido diferente de carbón, 1.2 millones de toneladas, cuya participación registra un 18.1% y un decrecimiento del 21.3% respecto del mismo periodo del año 2019.”<sup>23</sup>

A continuación, se puede ver claramente las cifras anteriormente descritas para tener una mejor idea de la situación por la cual está presentando el puerto de Buenaventura en este 2019:

Figura 1 Participación del tipo de carga de la sociedad portuaria regional de Buenaventura 2019.



Fuente. SUPERTRANSPORTE de Tráfico Portuario en Colombia año 2019 [2019] Bogotá [https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos\\_09/2019-08-06\\_DOC\\_BASE\\_BOLETIN\\_PRIMER\\_SEMESTRE\\_2019\\_.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos_09/2019-08-06_DOC_BASE_BOLETIN_PRIMER_SEMESTRE_2019_.pdf)>

<sup>23</sup> SUPERTRANSPORTE, sociedad portuaria regional de Buenaventura [en línea], 2019, < [https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos\\_09/2019-08-06\\_DOC\\_BASE\\_BOLETIN\\_PRIMER\\_SEMESTRE\\_2019\\_.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos_09/2019-08-06_DOC_BASE_BOLETIN_PRIMER_SEMESTRE_2019_.pdf)> citado el 08 de septiembre de 2019

De acuerdo a la figura 1, se evidencia de manera estadística el porcentaje de utilización de cada uno de los tipos de carga en el puerto de Buenaventura durante el primer semestre del 2019, el 71% de los movimientos del puerto están representados por los contenedores que contienen distintas clases de mercancías de todo el mundo, con lo anterior se puede decir que el puerto funciona gracias a este tipo de carga, se debe pensar estratégicamente en el mejoramiento de este proceso para sacarle mayor provecho.

El puerto de Buenaventura puede ser utilizado por distintas clases de empresas, lo que se evidencia en el primer semestre del 2019, en la tabla 4 se muestra de forma detallada los productos que han tenido mayor movimiento de exportación en el primer semestre del 2019:

Tabla 4 Principales productos exportados desde el puerto de Buenaventura en el 2019

Principales Productos Exportados	Primer semestre 2019	
	TON	Part. (%)
Azucar y preparados de azúcar y miel	340.410	33,4
Juguetes	52.298	5,1
Café soluble	38.354	3,8
Café excelso	26.217	2,6
Papel y cartón	19.229	1,9
Otros productos alimenticios	17.709	1,7
Menaje domestico	16.712	1,6
Productos químicos industriales	15.803	1,5
Aparatos y artefactos eléctricos	13.643	1,3
Dulces y golosinas	12.736	1,2
Otros productos	467.427	45,8
<b>Total Productos exportados</b>	<b>1.020.538</b>	<b>100,0</b>

Unidad: Toneladas

Fuente. SUPERTRANSPORTE, Sociedad portuaria regional de Buenaventura [en línea], Bogotá [8 de septiembre de 2019] <[https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos\\_09/2019-08-06\\_DOC\\_BASE\\_BOLETIN\\_PRIMER\\_SEMESTRE\\_2019\\_.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos_09/2019-08-06_DOC_BASE_BOLETIN_PRIMER_SEMESTRE_2019_.pdf)>

“El 33.4% del total de la carga exportada por la sociedad portuaria regional de Buenaventura corresponde a azúcar y preparados de azúcar y miel, el segundo producto que más se exporto durante el primer semestre de 2019 fue juguetes con

una participación del 5.1% y en tercer lugar el café soluble con 38 mil toneladas movilizadas y una participación del 3.8%”<sup>24</sup>

Es importante también conocer la cantidad de productos importados debido a que influye de alguna manera con la productibilidad y funcionamiento del puerto de Buenaventura:

Tabla 5 Principales productos que se importan en el puerto de Buenaventura

Principales Productos Importados	Primer semestre 2019	
	TON	Part. (%)
Menaje domestico	626.531	16,4
Cereales, granos y sus preparados	427.232	11,2
Maiz	393.384	10,3
Juguetes	353.119	9,2
Materia prima en general no combestible	151.952	4,0
Azucar y preparados de azucar y miel	136.524	3,6
Otros productos quimicos	116.912	3,1
Soya	106.073	2,8
Repuestos en general	99.832	2,6
Productos quimicos industriales	99.752	2,6
Otros productos	1.312.876	34,3
<b>Total Productos importados</b>	<b>3.824.186</b>	<b>100,0</b>

Unidad: Toneladas

Fuente. SUPERTRANSPORTE, Sociedad portuaria regional de Buenaventura [en línea], Bogotá [8 de septiembre de 2019] [https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos\\_09/2019-08-06\\_DOC\\_BASE\\_BOLETIN\\_PRIMER\\_SEMESTRE\\_2019\\_.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos_09/2019-08-06_DOC_BASE_BOLETIN_PRIMER_SEMESTRE_2019_.pdf)

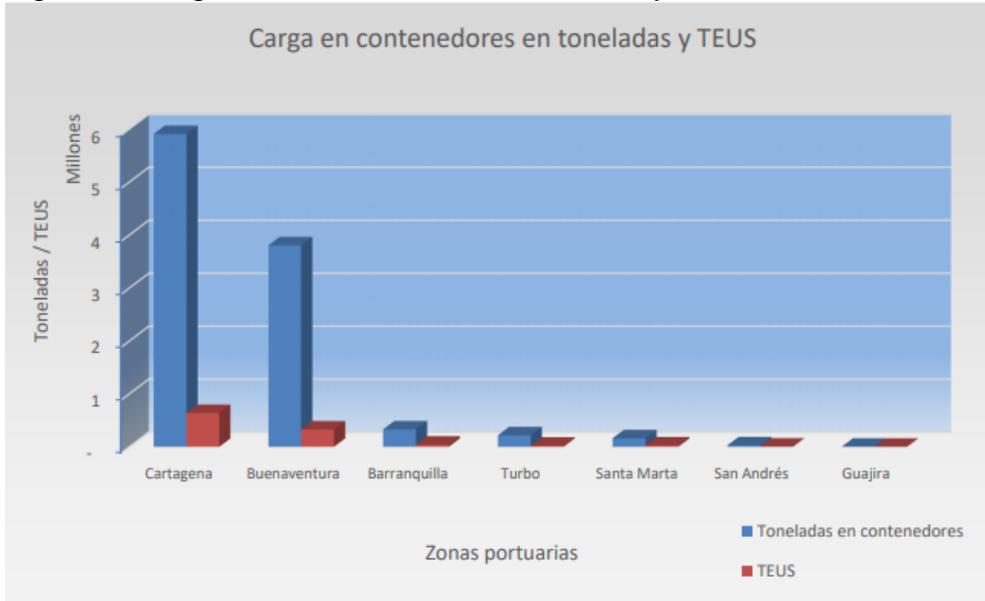
“El 16.4% del total de la carga importada por la sociedad portuaria regional de Buenaventura corresponde al menaje doméstico, el segundo producto que más se importó durante el primer semestre de 2019 fue cereales y granos en general, con una participación del 11.2% y en tercer lugar maíz con 393 mil toneladas movilizadas y una participación del 10.3%”

De acuerdo a la información de la tabla 5, la exportación e importación se puede estimar que el puerto de Buenaventura cumple un papel importante en la economía

<sup>24</sup> SUPERTRANSPORTE, sociedad portuaria regional de Buenaventura [on line], 2019, <[https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos\\_09/2019-08-06\\_DOC\\_BASE\\_BOLETIN\\_PRIMER\\_SEMESTRE\\_2019\\_.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos_09/2019-08-06_DOC_BASE_BOLETIN_PRIMER_SEMESTRE_2019_.pdf)> citado el 08 de septiembre de 2019

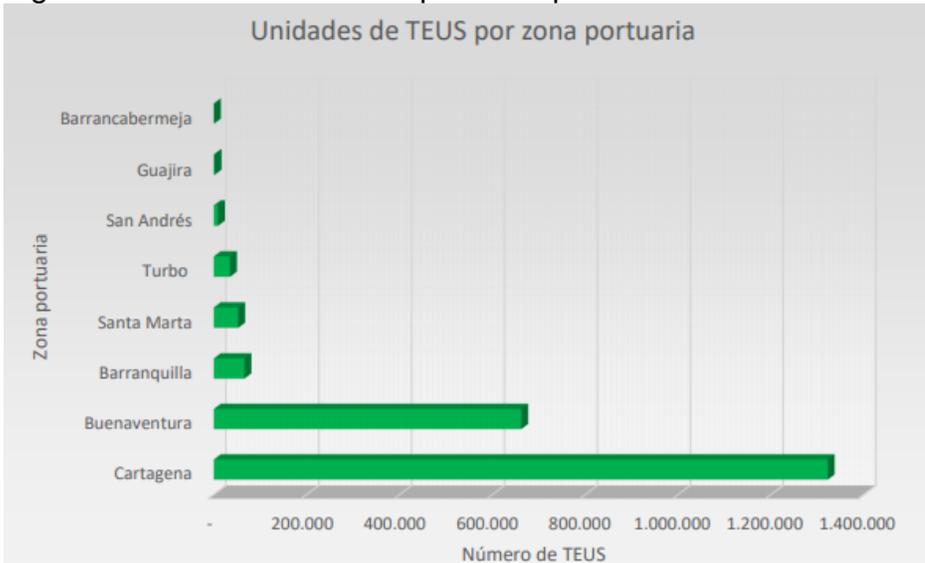
del país y que a pesar de no ser el principal del país puede tener buena cantidad de movimiento de contenedores.

Figura 2 Carga de contenedores en toneladas y TEUS en el 2019.



Fuente. SUPERTRANSPORTE de Tráfico Portuario en Colombia año 2019 [2019] Bogotá [https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos\\_09/2019-08-06\\_DOC\\_BASE\\_BOLETIN\\_PRIMER\\_SEMESTRE\\_2019\\_.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos_09/2019-08-06_DOC_BASE_BOLETIN_PRIMER_SEMESTRE_2019_.pdf)>

Figura 3 Unidades de TEUS por zona portuaria.



Fuente. SUPERTRANSPORTE de Tráfico Portuario en Colombia año 2019 [2019] Bogotá [https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos\\_09/2019-08-06\\_DOC\\_BASE\\_BOLETIN\\_PRIMER\\_SEMESTRE\\_2019\\_.pdf](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos_09/2019-08-06_DOC_BASE_BOLETIN_PRIMER_SEMESTRE_2019_.pdf)>

De acuerdo a la figura 2 y 3, se puede evidenciar claramente que el puerto de Buenaventura es el segundo más importante en el primer semestre del 2019 en todo el territorio Colombiano seguido del puerto de Cartagena, es importante destacar que este puerto representa una gran importancia para el movimiento de contenedores a nivel nacional, da la visión de que el puerto de Buenaventura puede seguir mejorando sus cifras de movimiento de toneladas de contenedores para los próximos años siempre y cuando se piensen en hacer algún tipo de mejoramientos internos ya sea de logística o seguridad para ser más competitivos a nivel internacional y lograr incrementar las cifras de toneladas de contenedores, puede llegar a ser el principal puerto de Colombia si se pone en marcha un plan de mejoramiento.

Tipos de terminales portuarias:

La identificación del tipo de puertos puede ser de gran importancia a la hora de la implementación de cualquier cambio logístico o de seguridad debido a que esto se debe hacer dependiendo de la necesidad del lugar y del tipo de cargas que maneje el puerto, en la tabla 6 se muestra la clasificación de los puertos marítimos según su tipo de carga y sus principales equipos para su desarrollo:

Tabla 6 Tipos de terminales portuarias y su especialidad.

<b>TIPO</b>	<b>ESPECIALIDAD</b>	<b>EQUIPOS UTILIZADOS</b>
Terminales de graneles líquidos	Manejan la carga a granel líquida, (Químicos, petróleo, combustibles, etc) la cual es cargada o descargada en buques mediante bombas, tienen en tierra grandes tanques de almacenamiento para sus productos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tanques de almacenamiento líquido.</li> <li>• Bombas de embolo alternativo, rotativo y rotodinámicas</li> </ul>
Terminal de graneles sólidos	Manejan carga de granel sólido (trigo, maíz, cebada, cemento, etc) cargados o descargados por medio de bombas desde el puerto que contienen tanques de almacenamiento.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motobombas</li> <li>• Gruas de tierra móviles</li> <li>• Cucharas de descarga</li> </ul>

Tabla 6. Continuación.

Terminales carboniferos	Manejo de cargas granel tipo carbon.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Bandas transportadoras</li> <li>•Gruas moviles</li> <li>•Cargador de granel</li> <li>• Cucharas de cargue</li> </ul>
Terminales de contenedores	Especializados en el manejo de carga contenerizada, realizan el proceso de carga, descarga y almacenamiento de los mismos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruas porticos</li> <li>• Gruas terrestres</li> <li>• Gruas RTG</li> <li>• Elevadores</li> </ul>
Terminales multipropositos	Estos puertos esta diseñados para el manejo de distintas clases de carga en el mismo lugar, (Contenedores, general, granel solido, granel solido y granel de carbon.	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Gruas de distintas clases.</li> <li>• Elevadores.</li> <li>• Gruas RTG</li> </ul>

Fuente. El Autor.

Se debe mencionar de una manera más detallada el tipo de carga por contenedores por el nivel de importancia que estos tienen en el desarrollo de este proyecto, por lo tanto se puede indicar acontinuación el tipo de contendeores que se manejan normalmente en las embarcaciones:

Los contenedores que se utilizan en la carga de via maritima por lo general presentan en dos tamaños los cuales pueden ser de 20 y de 40 pies cerrados hermeticamente en distintos modelos y funcionalidades, como por ejemplo los que tienen refrigeración por el tipo de carga, los que tienen apertura en la parte superior o los que son felxiblen en cuanto a sus peredes para el acondicionamiento del espacio según sea la carga.

En la figura 4 se pueden ver de manera grafica las dos clases de contenedores que mas se utilizan a nivel mundial para el tranporte de las distintas mercancías, estos pueden presentar algunas modificaciones dependiendo del producto a transportar, como por ejemplo algun tipo de alimento o medicamentos que requieren unas condiciones ambientales en especifico, para lo anterior se le puede adicionar sistema de refrigeración u otras aperturas a los contenedores para que no se vea afectado la mercancía durante el trayecto, pero a nivel general los modelos utilizados son los siguientes:

Figura 4 Tipos de contenedores en la industria marítima:



Fuente SUPERTRANSPORTE de Tráfico Portuario en Colombia año 2019 [Online] Bogotá<<https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2014/delegada%20puertos/caracterizacion%20puertos/LOGISTICA%20PORTUARIA.pdf>>

### 1.6.2 Marco conceptual:

**Drones:** “Una de las tecnologías que más destacan y llaman la atención de todos en estos últimos años son los llamados drones, pequeños aparatos voladores no tripulados y que pueden ser controlados en forma remota. Obviamente que un dispositivo de estas características sorprendería a cualquiera que alzase su cabeza y viera un dron sobrevolando la ciudad presto a la entrega de un paquete o realizando tareas de vigilancia, todo un digno espectáculo de ciencia ficción, que no es para nada ficción. Desarrollados y puestos en servicio hace unos muy pocos años, los drones pueden ser usados en infinidad de tareas que el humano no puede o no quiere realizar, o simplemente son demasiado peligrosas como la exploración o la limpieza de residuos tóxicos, y como no podía ser de otro modo, para fines bélicos. En este megapost acerca de drones conoceremos todos los detalles de esta fascinante tecnología, que hasta incluso puede ser usada en el hogar.

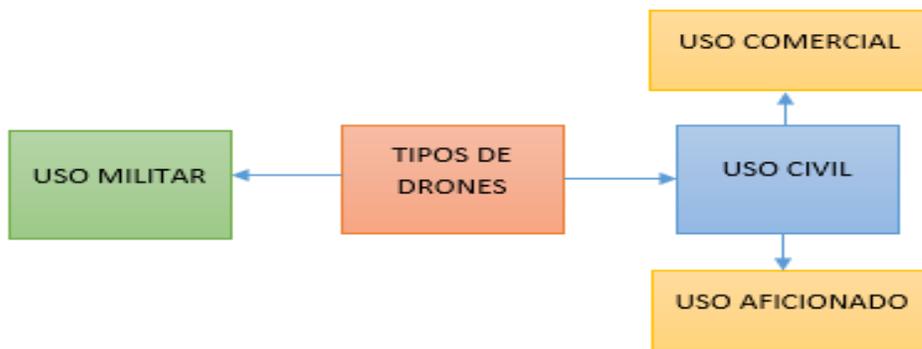
Los drones son una herramienta extremadamente útil para el control de incendios forestales, la geología, la agricultura, la construcción, y el control y análisis de tráfico en las grandes ciudades, entre muchas otras tareas, ya que los drones son muy económicos de operar, prácticamente no requieren de insumos o combustibles para su operación y no ponen en peligro las vidas de quienes lo pilotan.”<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup>TECNOLOGIA & INFORMATICA, ¿Qué es un dron? ¿Para qué sirve un dron? [En línea], Bogotá D.C, [citado en 11 de noviembre de 2019], Disponible en internet (<https://tecnologia-informatica.com/que-es-dron-para-que-sirve-comprar/>).

En la figura 5 se muestra la clasificación que tienen los usos de drones dependiendo de la actividad que va a cumplir, el más usado es para uso civil ya que este tipo de dispositivos se ha popularizado entre la sociedad como un dispositivo de diversión y también se utilizan para temas empresariales en seguridad o promoción.

Figura 5 Tipos de drones según su uso.



Fuente: El Autor.

**Puerto marítimo:** Los puertos marítimos son importantes interfaces dentro de la cadena de suministros que conectan al transporte marítimo y terrestre con los componentes de distribución de carga como lo son la entrada de productos, mercancías y pasajeros a un país, así como también son la puerta de salida para todas las exportaciones hacia los mercados internacionales. Los puertos son puntos de convergencia entre el interior y los sistemas de transporte costeros, lo que se define como el área de influencia interior del puerto. Esta función puede ser directa a través del acceso por carreteras, indirecta en la medida que la carga llegue a una terminal interina (por ejemplo, una estación de tren), o por medio de la consolidación del tráfico en un puerto regional y embarcados por cabotaje. Los puertos marítimos son puntos de distribución hacia el interior y el sistema de transporte costero, lo que se define como el área de influencia exterior del puerto.

Las principales funciones de los puertos marítimos son:

- Garantizar la seguridad para los buques en el arribo, durante la operación y al salir del puerto.
- Proporcionar las instalaciones y equipos necesarios para los buques en el fondeo, arribo, carga y descarga, así como embarcar y desembarcar pasajeros.
- Proporcionar el transporte de mercancías, de carga y descarga, almacenaje y servicio de mantenimiento en el puerto.
- Proporcionar refugio, reparación, mantenimiento de los servicios necesarios a buques y otras naves en casos de emergencia.

Proporcionar otros servicios a los buques, personas y de carga.<sup>26</sup>

### 1.6.3 Marco Legal:

Para el desarrollo del proyecto es importante tener como base algunas resoluciones que regulan el buen funcionamiento de las actividades que se realizan en cualquier puerto marítimo, lo que apoya de manera significativa al querer generar una propuesta de uso de un dron en este tipo de espacios:

Tabla 7 Normatividad de Colombia en puertos marítimos.

<b>NORMA</b>	<b>AÑO DE PUBLICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN GENERAL.</b>
Resolución 71	1997	“Por medio de la cual se determina el reglamento de condiciones técnicas de operación de los puertos”
Resolución 509	2016	“Mediante la cual se establecen normas técnicas para la construcción, expedición de la licencia de explotación comercial, registro y funcionamiento de Astilleros y Talleres de Reparaciones Navales”
Resolución 376	2013	“Por el cual se corrigen unos yerros en la ley 1682 del 22 de noviembre de 2013 ” por la cual se adoptan medidas y disposiciones para los proyectos de infraestructura de transporte y se conceden facultades extraordinarias”
Resolución 001107	2003	“Por medio de la cual se aprueba el nuevo reglamento de condiciones técnicas de operaciones portuarias de la sociedad portuaria regional de Buenaventura”

Fuente. El Autor.

La tabla 7 refiere las principales normas que pueden ser aplicadas o consultadas para el desarrollo de este proyecto que los que busca es dar una propuesta en cuanto a la logística y seguridad en el puerto de Buenaventura, pero respetando las normas marítimas ya existentes en el territorio nacional.

Se debe mencionar también que es importante adoptar algunas reglamentaciones que tienen en otros países frente al manejo de aeronaves de control remoto para

<sup>26</sup> [GIORGIA TECH PANAMA, conceptos básicos \[en línea\]< https://logistics.gatech.pa/es/assets/seaports/concepts>](https://logistics.gatech.pa/es/assets/seaports/concepts)[citado en 11 de Noviembre de 2019]

que cumplan con las condiciones de seguridad para evitar posibles accidentes durante su uso en las instalaciones de los puertos marítimos. “Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto, cualesquiera que sean las finalidades a las que se destinen excepto las que sean utilizadas exclusivamente con fines recreativos o deportivos, quedarán sujetas asimismo a lo establecido en esta Ley y en sus normas de desarrollo, en cuanto les sean aplicables. Estas aeronaves no estarán obligadas a utilizar infraestructuras aeroportuarias”<sup>27</sup>

## **1.7 METODOLOGÍA**

### **1.7.1 Tipo de estudio.**

Es un estudio explicativo que propone el uso de drones para el mejoramiento en cuanto a la logística y seguridad del puerto de Buenaventura teniendo como base la experiencia de la visita técnica a Panamá.

### **1.7.2 Fuentes de información.**

#### **1.7.2.1 Primarias.**

Las que generan base informativa para el desarrollo del trabajo como lo son artículos investigativos, tesis, libros de la base de datos de la universidad católica de Colombia y libros de la Biblioteca Luis Ángel Arango.

#### **1.7.2.2 Secundarias.**

Las cuales aportan datos relevantes y de actualidad al trabajo de grado tales como, La norma técnica 1486, el buscador google académico, bases de datos de la universidad católica de Colombia y páginas de internet relacionadas con temas de puertos marítimos incluyendo las paginas oficiales del terminal internacional de manzanillo y del puerto de Buenaventura como bases para el desarrollo del proyecto.

## **1.8 DISEÑO METODOLÓGICO**

Para el desarrollo del proyecto se tiene como base la visita técnica internacional a Panamá, lugar en donde se evidencio de manera directa las distintas características que presenta un terminal marítimo y la importancia que estos representan para le economía de un país, se observó de igual forma que la ingeniería industrial cumple un gran papel en el desarrollo de estos terminales, la logística y la seguridad son grandes aspectos a mejorar desde la implementación de nuevas ideas que se ajusten a los terminales de Colombia, para el desarrollo de lo anterior, se tuvieron en cuenta los siguientes pasos para llegar al fin del proyecto:

---

<sup>27</sup>BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO- Recuperando el 2015, el real decreto ley 8/2014[enlínea](2014)<oley8/2014http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4243006/rdl\_8\_2014\_4julio.pdf

- Se realizó la visita académica internacional a Panamá para desarrollar una idea en la cual se pueda implementar en Colombia para el mejoramiento de algún aspecto a nivel de Ingeniería Industrial.
- Se seleccionó la terminal marítima internacional de Manzanillo en Panamá como punto de referencia para generar la idea del trabajo.
- Se realizó la selección de puerto marítimo de Buenaventura para realizar el estudio.
- Se desarrolló las consultas correspondientes de los temas de logística y seguridad en los puertos marítimos a nivel general, analizando la información en específico para el puerto de Buenaventura.
- Se buscó información relacionada con el uso de los drones en los distintos puertos, ver las ventajas que este tipo de tecnología ha traído a los terminales marítimos que ya lo están usando y de acuerdo a esto hacer un plan de implementación para el puerto de Buenaventura.
- De acuerdo a los datos que se encuentre con todo lo relacionado al tema de logística y seguridad, se realizó una propuesta usando los drones.
- Se realizaron recomendaciones, conclusiones y acciones de mejora para mejorar el funcionamiento y reconocimiento del puerto de Buenaventura con base a la experiencia del puerto internacional de Miraflores.

Tabla 8 Diseño Metodológico

<b>OBJETIVO ESPECIFICO</b>	<b>ACTIVIDADES</b>	<b>FUENTES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un diagnóstico del terminal internacional de Miraflores de Panamá y del puerto de Buenaventura de Colombia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se utiliza la información recibida en la visita técnica internacional a Panamá.</li> <li>• Investigar los aspectos más importantes de ambos lugares para establecer puntos de referencia y de comparación para el desarrollo de la propuesta.</li> <li>• Elaboración de la matriz DOFA para cada uno de los puertos marítimos.</li> <li>• Se realiza un cuadro comparativo de ambos puertos para determinar de mejor manera el diagnóstico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conferencia de la visita que se logró al terminal internacional de Manzanillo.</li> <li>• Tesis relacionadas con alguno de los dos lugares a tratar.</li> <li>• Página de internet MIT (Manzanillo Internacional Terminal).</li> <li>• Página de internet del puerto de Buenaventura</li> </ul>

Tabla 8. Continuación

<p>•Caracterizar el proceso portuario de almacenamiento de contenedores y los riesgos y vulnerabilidades asociados.</p>	<p>•Se selecciona material de apoyo de la visita internacional a Panamá que soporte la caracterización del terminal internacional de Manzanillo.</p> <p>• Se realiza un paso a paso del proceso de almacenamiento de contenedores a nivel general entre los puertos.</p> <p>•Se realiza una matriz de riesgos para mostrar los posibles eventos y consecuencias que se pueden presentar.</p>	<p>• Tesis relacionadas.</p> <p>•Artículos informativos</p> <p>• Gráficos y tablas que muestren más clara la información.</p>
<p>Describir las principales funciones del dron dentro del proceso de manejo de contenedores y seguridad de los mismos.</p>	<p>• Describir de manera detallada las principales partes que debe tener el dron para el buen funcionamiento en las actividades dentro del puerto marítimo.</p> <p>• Realizar una asignación de las funciones que puede realizar el dron dentro del puerto mostrando los beneficios que se pueden obtener en distintos aspectos.</p>	<p>• Consultas en cuanto a tipos de drones y componentes del mismo.</p> <p>• Consulta de tesis relacionadas con el manejo de drones en el tema del sector marítimo para su aplicabilidad.</p>
<p>Generar la propuesta del uso del dron en el puerto marítimo de Buenaventura teniendo como referencia lo visto en el terminal internacional de Manzanillo.</p>	<p>• Mostrar los pasos y explicaciones que se tienen en cuenta para el desarrollo de la propuesta del uso de drones en el puerto de Buenaventura.</p>	<p>• Realizar un análisis de acuerdo a la información anteriormente consultada para estimar los mejores pasos a seguir en la propuesta.</p>

Fuente. El Autor.

## 2. DIAGNÓSTICO DEL TERMINAL INTERNACIONAL DE MIRAFLORES DE PANAMÁ Y DEL PUERTO DE BUENAVENTURA DE COLOMBIA.

### 2.1 PUERTO DE MANZANILLO

#### 2.1.1 Historia:

“MIT inició operaciones el 16 de abril de 1995, en una ubicación cercana a la entrada Atlántica del Canal de Panamá, inmediatamente adyacente a la Zona Libre de Colón (ZLC). El área del proyecto, conocida como Coco Solo Sur, fue una base aeronaval de los Estados Unidos durante la II Guerra Mundial, que posteriormente revirtió a Panamá en razón de los tratados Torrijos-Carter de 1977.

Después de la reversión a Panamá, el área fue utilizada como centro de almacenaje y distribución de vehículos para América Latina. En los años siguientes se decide construir un muelle Ro-Ro (roll-on/roll-off) que facilitara las actividades de importación y re-exportación de los automóviles desde el parque de almacenamiento.

En agosto de 1993, con la llegada de la multinacional Stevedoring Services of América (ahora SSA Marine) a Panamá, el concepto original del muelle Ro-Ro se convirtió en la terminal de transbordo de contenedores que es hoy, con más de 1,600 metros de muelle equipado con grúas porticas y modernos sistemas informáticos de administración. El costo total del proyecto, hasta la fecha, asciende a más de 650 millones de dólares”<sup>28</sup>.

#### 2.1.2 Canal de Acceso:

El canal de acceso es de 3 kilómetros desde la boya de mar. La apertura del rompeolas es de 200 metros de ancho y la profundidad del canal es de 16.5 metros. El círculo de dársena para maniobras es de 600 metros de diámetro.

El canal de acceso del terminal internacional de Manzanillo es fácil debido a que está ubicado en el intermedio entre la terminal de Colon y la zona libre de Colon, lo cual hace que el ingreso sea de manera directa, de igual forma hay que resaltar que los buques pueden acceder a este lugar de manera directa desde el océano Atlántico, por lo tanto puede recibir distintas clases de naves sin problema alguno, en el caso de hablar de acceso terrestre es importante mencionar que tiene acceso por medio de carreteras y tiene cerca la vía férrea, que puede ser una gran ventaja frente a otras terminales a nivel mundial que no cuentan con este medio de transporte, que es complementario pero muy útil a la hora de distribuir la mercancía que llega para la zona local de Panamá.

---

<sup>28</sup> MIT nuestra historia {en línea} {08 de septiembre de 2019} disponible en (<http://www.mitpan.com/>)

Figura 6 Canal de acceso al terminal internacional de Manzanillo - Panamá



Fuente. SECTOR MARITIMO INGENIERIA NAVAL, los 10 mayores puertos de América latina y caribe en tráfico de contenedores, [en línea], Bogotá, <<https://sectormaritimo.es/los-10-mayores-puertos-de-america-latina-y-caribe-en-trafico-de-contenedores-2015>>.

### 2.1.3 Ubicación:

Esta terminal marítima está ubicada en la apertura del océano atlántico del canal de Panamá en la bahía de Manzanillo, provincia de Colón, en el país del centro de América, Panamá.

El terminal internacional presenta una muy buena ubicación geográfica lo que le permite tener una amplia relación internacional de distintas rutas que pueden ir a prácticamente todas las partes del mundo.

Figura 7 Ubicación del terminal internacional de Miraflores de Panamá.



Fuente. GOOGLE MAPS. Ubicación geográfica del terminal internacional de Miraflores-Panamá, [en línea]. Bogotá, Google <<https://www.google.com/maps/place/Manzanillo+International,+Terminal+Panam%C3%A1/@9.3718642,79.9185613,11.38z/data=!4m5!3m4!1s0x8fab6d0481e9891d>>

#### 2.1.4. Muelles:

En la terminal internacional de Miraflores la organización de los muelles cumplen una función muy importante para la organización y logística que se requiere a la hora de la descarga y la carga de los distintos contenedores, se debe analizar también el tipo de embarcación que llega a la terminal, debido a que hay algunas naves que tienen un tamaño superior que requieren de un espacio especial para su proceso de descarga, a continuación se describen los muelles que se pueden encontrar en la terminal: “1,240 metros continuos de muelle principal para buques portacontenedores y una profundidad de 14 metros al costado de muelle, 2 muelles especializados para buques neo-panamax de 400 metros de eslora cada uno y una profundidad de hasta 16 metros al costado de muelle, 2 muelles ro-ro “estilo mediterráneo” de 300 metros y profundidad de 14 metros al costado de muelle.

Todos los muelles están a 2.5 metros sobre el nivel medio del mar. La variación de marea es de 30 centímetros.”<sup>29</sup>

<sup>29</sup> MANZANILLO INTERNATIONAL TERMINAL -operaciones [en línea] (2019) <<http://www.mitpan.com/operaciones/>> [citado el 8 de septiembre de 2019].

Figura 8 Distribución del espacio en la terminal internacional de Manzanillo.



Fuente. El Autor.

En la figura 8 se muestra que gran parte de la zona de la terminal internacional de Manzanillo de Panamá está destinada al almacenamiento de contenedores de distintas clases, se muestran las áreas complementarias como lo son las áreas de valor agregado y la vía del ferrocarril, las cuales hacen que este lugar tenga más competitividad en el mercado y pueda evolucionar a medida de las necesidades que se presenten con el pasar del tiempo, con lo anterior se da a entender que si esta clase de terminales marítimas tienen distintas clases de acceso puede ser un plus en el tema logístico debido a que puede ofrecer mayores oportunidades de transporte de la mercancía y generar beneficios económicos a la terminal y en tiempos de entrega de mercancía.

### 2.1.5 Seguridad

La seguridad es una de las prioridades que tiene esta terminal marítima, se le debe dar mucha importancia a este aspecto porque se esto depende en que los clientes se sientan con más confianza para dejar su mercancía en este puerto tan importante.

“MIT cumple con todos los aspectos del acuerdo CSI (Container Security Initiative) establecido entre Estados Unidos y Panamá, el programa BASC (Alianza Empresarial para el Comercio Seguro), PGCC (Programa Global para el Control de Contenedores) de la UNODC (Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito), C-TPAT (Asociación estratégica Aduana-Industria contra terrorismo) y el

código PBIB (Código para la Protección de Buques e Instalaciones Portuarias). El puerto también ofrece:

- Seguridad para el buque y la terminal.
- Control de acceso o e IDS (Intrusion Detection System).
- Más de 150 colaboradores en el área de seguridad.
- Unidades caninas antinarcóticos, antiexplosivos y de patrullaje.
- CCTV y Centro de Monitoreo y Control.

Programa de sellos con las líneas navieras”<sup>30</sup>

Además de lo anterior es importante mencionar que ellos como puerto tienen estipulado una política de calidad que permite el buen desarrollo del servicio en el día a día con cada una de las embarcaciones que llega a esta terminal, deben estar preparados ante cualquier tipo de situación u emergencia que se pueda presentar, la idea es que el personal de logística y salud ocupacional tienen diseñados los protocolos ante determinada situación y así poder ser más competitivos en el mercado y generar más confianza.

### 2.1.6 Matriz DOFA terminal internacional de Manzanillo.

Tabla 9 DOFA del puerto internacional de Manzanillo de Panamá

OPORTUNIDADES	FORTALEZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atraer nuevas empresas que deseen utilizar el terminal marítimo para la descarga de sus productos.</li> <li>• Realizar la implementación de nuevas tecnologías que permitan un mejor desarrollo en la operación y en la seguridad del puerto, obteniendo así un mayor rendimiento económico y un mayor reconocimiento para nuevos clientes.</li> <li>• Generar nuevos servicios de logística integral que se vean como necesidad a los clientes actuales para complementar el servicio que se presta en la terminal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presenta gran capacidad de contenedores</li> <li>• Servicio de mantenimiento y reparación de embarcaciones y de contenedores.</li> <li>• Cuentan con personal capacitado que hace su trabajo con calidad y constantemente está en capacitación para el mejoramiento de los procesos (Actualmente hay más de 1.200 empleados directos).</li> <li>• El terminal se complementa con el ferrocarril transcontinental y con la autopista Atlántico- Pacífico.</li> </ul>

<sup>30</sup> MANZANILLO INTERNATIONAL TERMINAL, protección y seguridad industrial, {on line} {01 de septiembre de 2019} disponible en: <http://www.mitpan.com/operaciones/proyeccion-portuaria/>

Tabla 9. Continuación.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La ubicación de esta terminal presenta una gran ventaja al estar tan cerca del canal de Panamá.</li> </ul>
AMENAZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ante el nuevo diseño que se van generando en las embarcaciones de carga, se pueden presentar en algún momento dificultades en la prestación del servicio por la infraestructura del puerto que no cumple con las medidas de ese tipo de naves.</li> <li>• Para una terminal marítima tan importante hace falta evolucionar en el equipo tecnológico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Algunos retrasos que se pueden presentar en el ingreso de las embarcaciones a pesar de generar un control de día y hora de llegada a las embarcaciones con mucho tiempo de anticipación.</li> <li>• Se puede presentar algunas demoras a la hora de la revisión de algunos contenedores por parte del equipo de seguridad de la terminal.</li> <li>• No cuenta con muchas líneas de acceso terrestre a la terminal, en determinado momento puede retrasar el proceso de carga ya sea del servicio ferroviario o de mulas.</li> </ul>

Fuente. El Autor.

De acuerdo a la tabla 9 se puede identificar algunas estrategias de acuerdo a los distintos componentes de la matriz DOFA:

**Estrategia FO:** Realizar un plan comercial para los nuevos y antiguos clientes del puerto para ofrecer de manera masiva los otros servicios que puede ofrecer la terminal marítima a un precio razonable, como por ejemplo el mantenimiento de las embarcaciones y/o contenedores, con lo anterior también se puede aprovechar la capacidad que tiene este lugar y se generaría un incremento en el uso del personal capacitado para este tipo de funciones.

**Estrategia FA:** Generar un plan de modificación de infraestructura a corto plazo para poder atender las nuevas embarcaciones que son más grandes y de esta manera no perder algunos clientes por no estar preparados en este sentido, de igual manera se puede utilizar más el ferrocarril para evacuar las zonas de carga y no afectar la operatividad mientras se generan las modificaciones del espacio.

**Estrategia DO:** Se puede empezar a trabajar en un mejor sistema de transporte de mercancía que ayude de cierta manera a agilizar el proceso de carga o descarga o simplemente generar una actualización tecnológica en el sistema de cámaras para

poder tener una mejor visión de los procesos y adaptarlos según sea el tipo de carga que se esté manejando para el aprovechamiento de los tiempos en el proceso.

**Estrategia DA:** Se puede realizar un mejoramiento en la infraestructura de los muelles para las nuevas clases de embarcaciones y también mejorar los accesos terrestres del terminal para disminuir los tiempos de trabajo y aumentar la productibilidad de la terminal.

## **2.2 PUERTO DE BUENAVENTURA:**

### **2.2.1 Historia:**

“Para adecuar la infraestructura de los terminales marítimos de Colombia a las nuevas necesidades del comercio internacional, a través de la expedición de la Ley 1ra. De enero 10 de 1991, el Estado motivó la conformación de empresas privadas para administrar y operar las instalaciones portuarias del país, antes manejadas por la entidad estatal “Puertos de Colombia”.

En este marco de privatización de la actividad portuaria, el 21 de diciembre de 1993 se constituyó la Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura S.A., que recibió de manos del Presidente de la República de Colombia, César Gaviria Trujillo, el 17 de marzo de 1994, la concesión para la administración del Terminal Marítimo de Buenaventura durante 20 años, en el período comprendido entre 1994 y 2014.

La Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura S.A. es una empresa de economía mixta, regida por el derecho privado. El 83% de su participación accionaria pertenece a empresarios privados conformados por importadores, exportadores, operadores portuarios, líneas navieras, gremios, ex trabajadores portuarios y personas naturales. El 15% restante está en manos del sector público integrado por la Alcaldía de Buenaventura y el 2% para el Ministerio de Transporte”.<sup>31</sup>

### **2.2.2 Canal de acceso:**

“El canal de acceso al Terminal Marítimo de Buenaventura tiene una Longitud 31.5 Kilómetros equivalente a 17 millas Náuticas; su profundidad es 10.5 metros con marea baja (Iguale Cero), en la parte exterior cuenta con 200 metros (De boya de mar a Punta soldado) y en la bahía interior con 160 metros (desde las Boyas 23 -24 a boya 40 diagonal esquina muelle No.2) cuya profundidad es de 12.5 metros en marea baja = 032.”<sup>32</sup>

---

<sup>31</sup> SOCIEDAD PORTUARIA DE BUENAVENTURA, información corporativa [en línea] <http://www.sprbun.com/web/portal/informacion-corporativa> (2019)

<sup>32</sup> SOCIEDAD PORTUARIA DE BUENAVENTURA, canal de acceso [en línea] <http://www.sprbun.com/web/portal/informacion-corporativa> (2019)

Figura 9 Canal de acceso al puerto de Buenaventura.



Fuente. Canal de acceso puerto Buenaventura, [en línea], Bogotá,< <http://p.se-todo.com/pravo/22171/index.html?page=2>>.

### 2.2.3 Ubicación

“Se encuentra cerca del canal de Panamá, equidistante entre Vancouver y Valparaíso. Es uno de los puertos del continente americano más cercanos al Lejano Oriente.

Está en el centro del mundo, cerca de las principales rutas marítimas que atraviesan el planeta de norte a sur y de oriente a occidente. Las condiciones geográficas le permiten ser un puerto concentrador y de transbordo, optimizando el uso de los barcos de gran porte”<sup>33</sup>

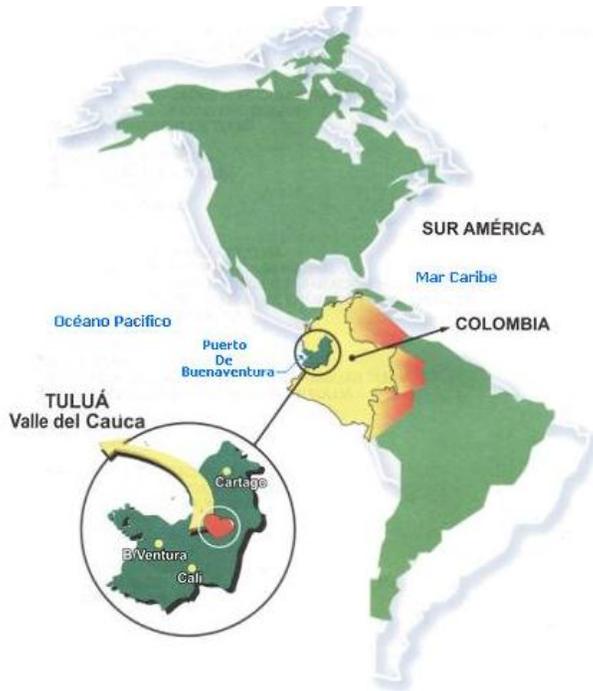
“Tiene una ubicación estratégicamente privilegiada. Se encuentra en el centro del mundo, equidistante de las principales rutas marítimas que atraviesan el planeta. Además es uno de los puertos del continente americano más cercano al mercado asiático, aspecto ideal para aprovechar las ventajas de los tratados de libre comercio suscritos recientemente así como los que se encuentran en proceso de formalización.”<sup>34</sup>

A continuación, se muestra geográficamente la ubicación del puerto de Buenaventura:

<sup>33</sup> SOCIEDAD PORTUARIA DE BUENAVENTURA, ubicación geográfica, [en línea] (2019) <<http://www.sprbun.com/web/portal/ubicacion-del-puerto>>[citado en 08 de septiembre de 2019].

<sup>34</sup> PEREZ GARCIA CAMILO, Buenaventura, Cartagena, Santa Marta y Barranquilla, los puertos claves del comercio exterior colombiano [en línea] (2017)< <https://revistadelogistica.com/transporte-y-distribucion/buenaventura-cartagena-santa-marta-y-barranquilla-los-puertos-claves-del-comercio-exterior-colombiano/>>[citado en 13 de mayo de 2019].

Figura 10 Ubicación geográfica del puerto de Buenaventura.



Fuente. INVERSIONES TULU, ubicación geográfica del puerto de Buenaventura, [en línea], 8 de septiembre de 2019 <<http://inversionestulua.com.co/imagenes/1ubica.jpg>>

#### 2.2.4. Muelles:

El puerto marítimo de Buenaventura es multipropósito, se caracteriza por estar dividido en distintos sectores dependiendo del tipo de carga que se esté manejando, de esta forma se optimiza el espacio de tal manera que no se vean afectadas las distintas cargas y descargas por tipo de producto.

Tabla 10 Especializaciones de muelles de puerto de Buenaventura

N° DE MUELLE	ESPECIALIZACIÓN DEL MUELLE.
1,2,3 y 4	Multipropósito.
5,6,7 y 8	Realización de carga y descarga de contenedores con grúas pórticos.
9,10,11 y 12	Manejo a granel sólido.
14	Manejo a granel líquido.

Fuente. El Autor.

En la tabla 10 se puede ver claramente que el puerto de Buenaventura está compuesto por 14 muelles, de los cuales solo los muelles N° 5, 6, 7 y 8 están destinados a generar la carga y descarga de los distintos contenedores de mercancía por medio de grúas pórtico.

Figura 11 Distribución de los muelles del puerto de Buenaventura.



Fuente. TRANSMARES. Muelles [en línea]. Bogotá <<http://www.transmares.com.co/sociedad-portuaria-buenaventura.html>> citado el 8 de Septiembre de 2019.

En la figura 11 se muestra el plano del puerto de Buenaventura, los muelles 5, 6, 7 y 8 ocupan la mayor parte del puerto debido a que en estos se realiza la carga y descarga de todos los contenedores que son el principal tipo de mercancía que tiene movimiento en este lugar.

Tabla 11 Especificaciones de los muelles del puerto de Buenaventura.

MUELLE	LONGITUD	CALADO (PIES)
2 hasta el 12	1.254 Mts.	31
10 hasta el 12	525 Mts.	25
13	1200 Mts.	30
14	101 Mts.	30

Fuente TRANSMARES. Especificaciones de muelles <http://www.transmares.com.co/sociedad-portuaria-buenaventura.html>

Se puede determinar el uso de cada una de las áreas anteriormente mencionadas en el puerto de Buenaventura por medio de la tabla 12:

Tabla 12 Áreas disponibles para almacenamiento de cargas en el puerto de Buenaventura

AREA	MEDIDAS	OBSERVACIONES
Bodega 1	4.192 m <sup>2</sup>	Carga general
Bodega 2	9.560 m <sup>2</sup>	Carga general
Bodega 3	7.383 m <sup>2</sup>	Carga general
Bodega 4	5.363 m <sup>2</sup>	Carga general
Bodega 5	5.392 m <sup>2</sup>	Carga general
Bodega 6	6.712 m <sup>2</sup>	Carga general
Bodega 7	6.718 m <sup>2</sup>	Carga general
Bodega 8	5.515 m <sup>2</sup>	Granel solido
Bodega 9	6.300 m <sup>2</sup>	Carga general
Bodega 10	10.630 m <sup>2</sup>	Carga general
Bodega 12	7.687 m <sup>2</sup>	Carga general
Patio 1,2,3,4 y 5	24.000 m <sup>2</sup>	Contenedores
Patio 7 y 8	4.200 m <sup>2</sup>	Granel solido
Cobertizos	30.235 m <sup>2</sup>	Carga general

Fuente TRANSMARES. Muelles [en línea]. Bogotá <<http://www.transmares.com.co/sociedad-portuaria-buenaventura.html> > citado el 8 de Septiembre de 2019

En la tabla 12 se puede evidenciar que las áreas de los patios más grandes corresponden al almacenamiento de todos los contenedores debido a que es el tipo de carga que más se mueve por este puerto a pesar de ser multipropósito, la idea es generar un aprovechamiento en esta área del puerto con un mejor ordenamiento de los contenedores para aprovechar de una mejor manera este espacio, en un futuro dependiendo de la necesidad se pueden adecuar algunas bodegas de carga

genera como un patio auxiliar para lograr atender la demanda de contenedores a almacenar en dado caso se llegue a presentar.

### **2.2.5 Seguridad:**

En cuanto al tema de Seguridad el puerto ha venido mejorando poco a poco este aspecto que es tan importante en este tipo de lugares al mover muchas mercancías de distintas partes del mundo, por lo anterior el puerto de Buenaventura cuenta con los siguientes métodos de seguridad:

**Sistema integrado de seguridad electrónica SISE:** “Con una inversión de 4 millones de dólares en equipos Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura S.A. refuerza la seguridad física del terminal marítimo, viéndose reflejada esta inversión en los siguientes aspectos:

**Sistema de control de acceso:** Se implementa para garantizar que las personas que ingresan al terminal marítimo estén plenamente identificadas e impedir el ingreso a personal no autorizado. Este control se realiza a través de 62 lectoras biométricas, 18 tornos de cuerpo entero y medio cuerpo, 23 talanqueras para acceso de vehículos, controlados por un Servidor que alberga la base de datos detallada de la población portuaria.

**Sistema de control perimetral:** Implementado con el fin de prevenir los accesos clandestinos de intrusos por el perímetro externo de las instalaciones del terminal marítimo, mediante el tendido de 4800 metros de cable sensorizado, controlado por 23 procesadores que interpretan las señales recibidas y transmiten la información al sistema central de control quien inmediatamente complementa la detección del intruso con los equipos de video disponibles en la zona. Alertando y poniendo la información a disposición inmediata del personal de seguridad.

**Circuito cerrado de televisión:** El fin del sistema es monitorear y grabar las operaciones y actividades del terminal marítimo. Este sistema cuenta con 333 cámaras fijas y móviles distribuidas a lo largo y ancho del terminal y 21 grabadores digitales para almacenar eventos de seguridad durante las 24 horas del día. El sistema incluye equipos especiales para monitoreo del canal navegable interno bajo cualquier condición de visibilidad. Igualmente se cuenta con la grabación por espacio de 75 días.

**Seguridad física armada:** Como complemento al Sistema Integrado de Seguridad Electrónica (SISE) se cuenta con el dispositivo de seguridad armada, compuesto por 220 hombres, 7 patrullas móviles, tanto terrestres como marítimas, totalmente equipadas y dotadas de equipos de comunicación necesarios para mantener comunicados los diferentes sistemas y hombres que controlan la seguridad.

La Sociedad Portuaria Regional de Buenaventura S.A. se ha acogido a convenios y regulaciones con gobiernos y entidades nacionales e internacionales, convenios con las embajadas de Estados Unidos de América, Holanda, Francia, Canadá y España. Además de certificaciones internacionales sobre estándares de seguridad, como BASC e ISPS (Código de protección de las instalaciones portuarias y buques). Todo esto, con el fin de: Mejorar la imagen positiva de seguridad ante los clientes, asegurar la tranquilidad y permanencia de los actuales clientes, ofrecer garantías a los clientes nuevos y minimizar los reclamos por pérdidas, hurtos y maltratos de mercancías.”<sup>35</sup>

## 2.2.6 Indicadores de desempeño del puerto de Buenaventura:

Tabla 13 Indicadores del puerto de Buenaventura.

<b>SOCIEDAD PORTUARIA DE BUENAVENTURA</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>UNIDAD</b>
Aprovechamiento de Bodegas	45,00	%
Aprovechamiento de Patios	68,00	%
Eficiencia Operacional	60,00	%
Número de Contenedores / hora	22,22	Numero
Número de Reclamos	92,00	Numero
Número de Toneladas / hora	132,04	Toneladas
Percepción de Eficiencia	68,00	Numero
Percepción de Infraestructura	75,00	%
Percepción de Seguridad	75,00	%
Tiempo Fondeo promedio por motonave	3,56	Horas

Fuente. SUPERINTENDENCIA DE PUERTOS Y TRANSPORTE. Indicadores el puerto de Buenaventura [en línea].Bogotá<<http://www.transmares.com.co/sociedad-portuaria-buenaventura.html> >citado el 8 de Septiembre de 2019.

En la tabla 13 se puede evidenciar que el puerto de Buenaventura tiene varias dificultades en las distintas áreas de la operación, se debe realizar un plan de mejoramiento para el aprovechamiento de los espacios y recursos que tiene, La bodegas no están utilizándose de la mejor manera y se está perdiendo espacio para almacenamiento de contenedores o de otro tipo de mercancía que no requiera un movimiento constante en el puerto o de algún tipo de mercancía que el cliente tenga en espera, es importante tener en cuenta este tipo de promedios porque muestra claramente las falencias a nivel de logística que puede tener el lugar.

<sup>35</sup> SOCIEDAD PORTUARIA BUENAVENTURA, seguridad. Información general, {on line}{1 de septiembre de 2019}, disponible en: <http://www.sprbun.com/web/portal/seguridad>

## 2.2.7 Matriz DOFA del puerto de Buenaventura:

Tabla 14 DOFA del puerto de Buenaventura

OPORTUNIDADES	FORTALEZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar servicios adicionales en los puertos que no se estén realizando para suplir las necesidades de algunos clientes y así fidelizar de una mejor manera estos con el puerto.</li> <li>• Desarrollar e incentivar actividades orientadas a los hidrocarburos, los gráneles líquidos, el sector maderero pesquero y el servicio de contenedores.</li> <li>• Nuevas alianzas con los países vecinos para el incremento del comercio entre ellos para aumentar el uso de este puerto y generar mayores utilidades al finaliza el año.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuenta con conexiones con más de 81 puertos como Vancouver, Kaohsiung, Manzanillo, Valparaíso, El Callao y otros.</li> <li>• Personal de trabajo calificado y comprometido con la buena funcionalidad del puerto.</li> <li>• Tiene buena ubicación geográfica, lo que permite el movimiento de cargas de manera estratégica para algunas empresas.</li> <li>• Presenta alianzas importantes como por ejemplo la Alianzas del Pacífico, (Chile, Colombia, México y Perú) los cual puede traer buenos resultados.</li> </ul>
AMENAZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los puertos internacionales más cercanos pueden aprovechar las falencias del puerto y atraer a clientes del puerto de Buenaventura ya sea por precio o calidad del servicio.</li> <li>• La economía nacional no permite un desarrollo constante en este tipo de lugares y se puede ver afectada con el incremento del índice de pobreza en el país.</li> <li>• El desarrollo avanzado que llevan otros puertos de la zona.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja calidad de la educación y el nivel de inseguridad que estuvo en un tiempo controlada ha resurgido.</li> <li>• No se caracteriza por tener alto grado de tecnología y esto hace que no sea muy atractivo para algunos posibles clientes.</li> <li>• En el 2019 no se ha visto un gran avance de carga de mercancía en el puerto, se debe mejorar estas cifras con respecto a los valores de año 2018.</li> <li>• Se puede ver que a nivel interno tiene falencias operativas que se ven reflejados en el aprovechamiento de las bodegas o en los tiempos de desembarque de cualquier barco.</li> </ul>

Fuente: El Autor.

De acuerdo a la tabla 14 se pueden identificar algunas estrategias por cada componente de la matriz DOFA:

**Estrategia FO:** Se pueden generar alianzas con nuevos países que requieran de los distintos servicios que puede ofrecer el puerto de Buenaventura para lograr un incremento la demanda de los servicios que se ofrecen, de esta forma se puede empezar a pensar en una mejor estructuración del lugar dependiendo del incremento que se logre realizar.

**Estrategia FA:** Se debe analizar una nueva organización en la infraestructura del puerto debido a que las embarcaciones a futuro van a ser cada vez más grandes, por lo tanto, se debe mejorar este aspecto y mejorar la tecnología que se está utilizando para afianzar de una mejor manera el buen servicio y poder ser una gran competencia ante los puertos de países vecinos, al empezar a realizar lo anterior se puede mejorar la economía del país de manera significativa.

**Estrategia DO:** El puerto de Buenaventura debe generar innovación en la parte de tecnología e infraestructura por lo tanto también se debe realizar un proceso de capacitación al personal de trabajo con la aplicación de estas nuevas estrategias, de esta manera se puede generar un mejor servicio y una mejor competencia en el mercado a nivel internacional.

**Estrategia DA:** La inversión de capital debe ser una estrategia que desde la parte del gobierno se debería pensar, la inversión se debe ver reflejada en el futuro al poder ser más competitivos en el mercado y al no quedarse sin evolucionar a los nuevos requerimientos del mercado, el mejoramiento tecnológico tanto por la parte de logística como de seguridad deben de ser fundamentales para la disminución de las debilidades y de las amenazas que tiene el puerto en la actualidad.

### 2.3 Comparativo terminal internacional de manzanillo de panamá vs puerto de buenaventura de Colombia:

Tabla 15 Comparación del terminal internacional de Manzanillo y puerto de Buenaventura:

Criterios	Terminal internacional de Miraflores de Panamá.	Puerto de Buenaventura
<b>Extensión del muelle</b>	1.6 Kilómetros	•1505 metros del muelle 1 al 9 •524 metros del muelle 10 a 12
<b>Muelles</b>	9 Muelles.	14 Muelles.

Tabla 15. Continuación

<p><b>Tipos de carga</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Portacontenedores</li> <li>• Ro- Ro</li> <li>• Barcos de carga general</li> <li>• Porta vehículos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contenedores.</li> <li>• Granel solido</li> <li>• Granel líquido.</li> <li>•Carga general fraccionada</li> <li>• Carga general multipropósito</li> <li>• Naves.</li> </ul>
<p><b>Servicios logísticos.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenamiento de carga</li> <li>•Alistamiento, Reembarque y distribución.</li> <li>• Cuenta con MIT Logistic Park.</li> <li>• Ensamble de equipo pesado.</li> <li>• Zona franca</li> <li>• Conservación y mantenimiento de contenedores.</li> <li>• Soluciones para el transporte de océano a océano.</li> <li>• Alquiler y Bodegaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Almacenamiento de carga.</li> <li>• Pilotaje</li> <li>•Suministros de agua, combustibles, lubricantes y avituallamiento.</li> <li>• Muellaje.</li> <li>•Servicio a las naves: reparación de sistemas mecánicos, eléctricos, hidráulicos y de refrigeración.</li> <li>•Manipuleo (cargue y descargue de motonaves).</li> <li>•Servicios médicos, odontológicos y migratorios a la tripulación de los buques.</li> <li>•Servicios de almacenamiento a la línea naviera almacenaje LCL.</li> <li>•Monitoreo y control de contenedores de transbordo.</li> <li>•Transbordo.</li> <li>•Consolidación y des consolidación de contenedores LCL.</li> <li>•Tratamiento de desechos sólidos y líquidos.</li> <li>•Uso de grúas.</li> </ul>

Fuente: El Autor.

Se puede analizar en la tabla 15 que ambos lugares tienen cosas en común pero que definitivamente la terminal internacional de Miraflores tiene una gran ventaja frente al puerto de Buenaventura, el espacio destinado a las embarcaciones que

son tipo RO-RO (Roll on-Roll off) de los cuales representan un gran volumen de movimiento de mercancía, por lo general automóviles de distintas clases, por lo tanto el puerto de Buenaventura debería de pensar en implementar este tipo de carga para fortalecer las relaciones comerciales con este gremio empresarial que puede traer grandes beneficios económicos y de reconocimiento a nivel mundial, en cuanto a los demás aspectos es importante comentar que ambos puertos pueden mejorar su infraestructura y adquirir mejores tecnologías para optimizar los distintos procesos que se desarrollan.

### **3. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO PORTUARIO DE MANEJO CONTENEDORES Y LOS RIESGOS ASOCIADOS**

#### **3.1 CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL PROCESO DE MANIPULACIÓN DE LOS CONTENEDORES EN LOS PUERTOS.**

Los puertos marítimos en el mundo representan un gran ingreso de dinero para el país que los tenga, es importante conocer la caracterización a nivel general de este tipo de lugares, debido a que dependiendo de esto se puede tener una mejor idea del funcionamiento que debe tener este para su buen desempeño, el manejo de las distintas cargas de mercancías que se importan o se exportan requieren de un proceso estructurado y bien definido.

El proceso de almacenamiento de los contenedores debe ser organizado de tal manera que no se presenten inconvenientes con las pérdidas y daños en las mercancías que movilizan, sin embargo, es importante tener en cuenta que este proceso debe estar acompañado por otros procesos administrativos, logísticos y de seguridad para llegar a un tener un buen resultado en el desarrollo del servicio que se está prestando.

Dentro del cúmulo de actividades que presenta cualquier puerto marítimo en el mundo, es importante destacar el de la manipulación de la mercancía en su paso por el puerto desde el transporte marítimo al terrestre o viceversa para un buen resultado de la logística en el proceso.

Las operaciones de carga, estiba, desestiba, descarga y trasbordo de mercancía son consideradas como objeto de tráfico marítimo que permite la transferencia entre buques, las anteriores deben ser bien realizadas debido a que es importante realizar dichos procesos en el menor tiempo posible,

“Es muy importante conocer el proceso de llenado del contenedor. No siempre la mercadería puede estibarse directamente en el mismo.

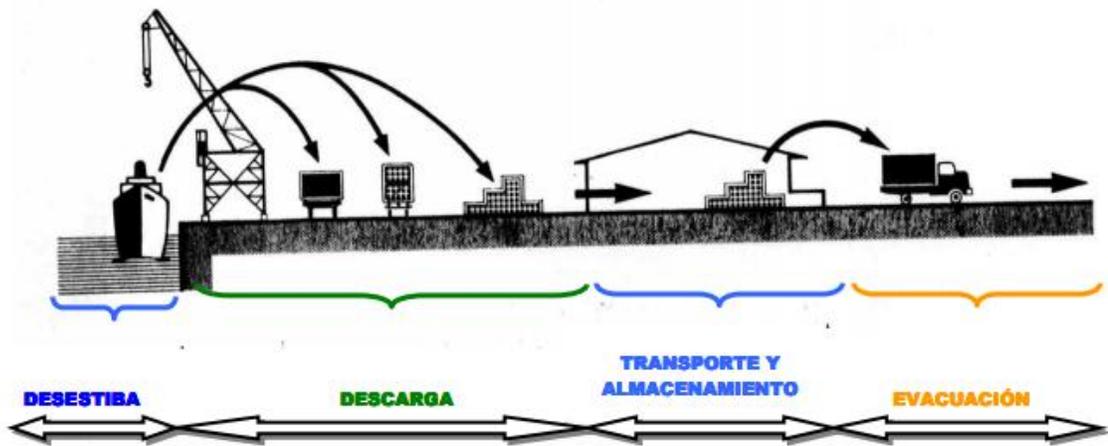
Las mercaderías como medicamentos, alimentos, electrodomésticos, juguetes, calzado, etc., normalmente se colocan en cajas, las que se van apilando en el interior del contenedor. Para este tipo de mercadería es atinado paletizar las expediciones, lo que facilita la labor de llenado y vaciado. Respecto a las maquinarias, es preciso situarlas sobre plataformas o patines de madera a fin de repartir el peso que además servirá para su fijación y evitar desplazamientos”<sup>36</sup>

En la figura 12 se muestra el proceso que se realiza con la mercancía a nivel general en cualquier terminal marítimo en el mundo:

---

<sup>36</sup> RECOMENDACIONES PARA UNA CARGA SEGURA DE CONTENEDORES, [en línea], Bogotá D.C, [citado en 25 de agosto de 2019], Disponible en internet (<http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/16847-recomendaciones-una-carga-segura-contenedores>).

Figura 12 Distribución de los muelles del puerto de Buenaventura



Fuente Operaciones y servicios portuarios (nivel 1) [en línea]. Bogotá<[http://www.apmarin.com/download/686\\_opsp1.pdf](http://www.apmarin.com/download/686_opsp1.pdf)>citado el 30 de septiembre de 2019

En la figura 12 se ve cada uno de los procesos a nivel general por los cuales pasan los contenedores en cuanto a la descarga o carga, sin embargo, es importante mencionar el significado de cada uno de ellos para entender el proceso logístico que se debe realizar:

Tabla 16 Descripción general de las operaciones de manipulación de los contenedores en los puertos.

OPERACIONES	DESCRIPCIÓN
Desestiba	Es la primera operación que se realiza después de hacer el proceso de amarre del barco, este paso tiene la finalidad de ubicar de manera ordenada y lógica la carga en las zonas de carga del puerto.
Descarga	Se puede considerar este paso cuando la mercancía ya descansa sobre el vehículo que lo va a transportar o se ha logrado desenganchar por medio de las grúas que tiene el puerto.
Transporte	La mercancía puede ser transportada en tracto mulas a las zonas de almacenamiento o se puede utilizar grúas, las cuales tienen un sistema integrado de cámaras que permiten la ubicación estratégica de los contenedores por medio de una central de control.

Tabla 15. Continuación

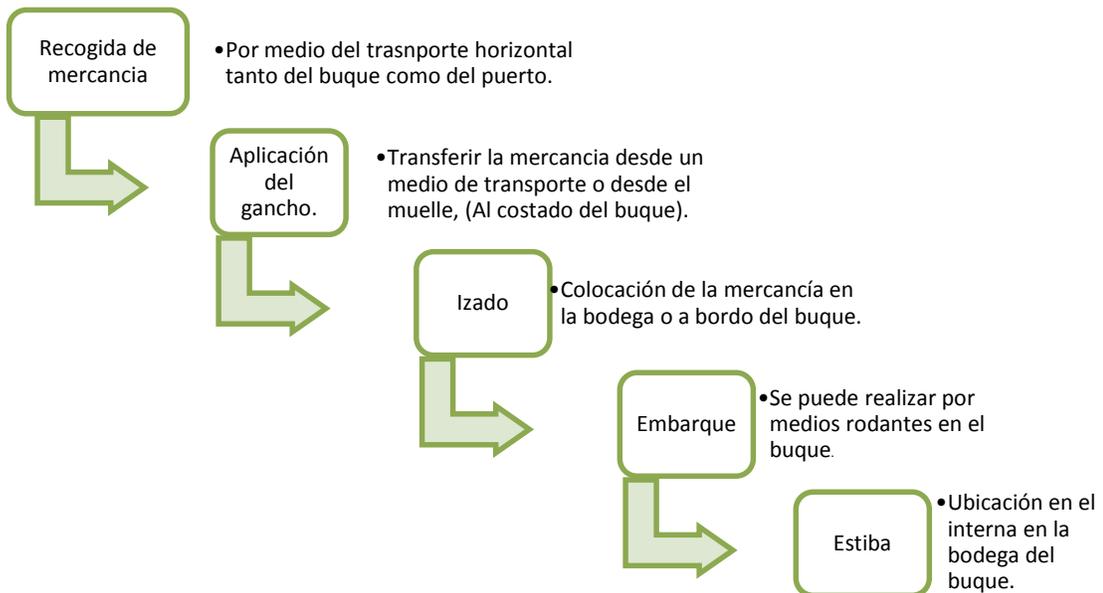
Almacenamiento	Se genera una marcación de cada uno de los contenedores y se registra sistemáticamente para tener el control de la ubicación de cada uno de los contenedores que ingresan al puerto, se ubica la mercancía dependiendo del tipo y tiempo de almacenaje.
Evacuación	Cuando la mercancía llega a la misma zona del puerto, se procede a realizar la salida de estos contenedores por medio de tracto mulas, las cuales deben cumplir con cierta papelería y requisitos de seguridad para evitar inconvenientes con el tráfico de la mercancía.

Fuente: El Autor.

En la realización de las anteriores operaciones generales que se necesitan para la manipulación de los distintos contenedores que llegan a los puertos, es necesario aclarar de manera más detallada las actividades que contiene cada una de estas, se debe tener en cuenta que estas se nombran a nivel general para todos los puertos marítimos, ya depende del lugar las variaciones de las siguientes:

Las actividades de carga y estiba comprenden:

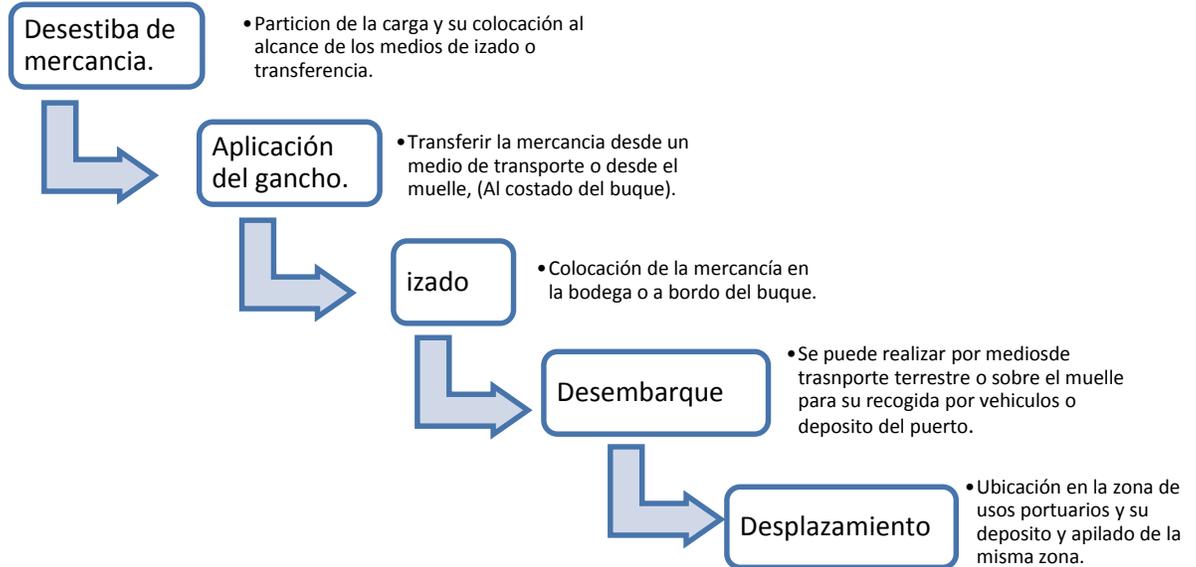
Figura 13 Actividades de carga y estiba en los puertos marítimos.



Fuente: El Autor.

Las actividades de desestiba y descarga comprenden:

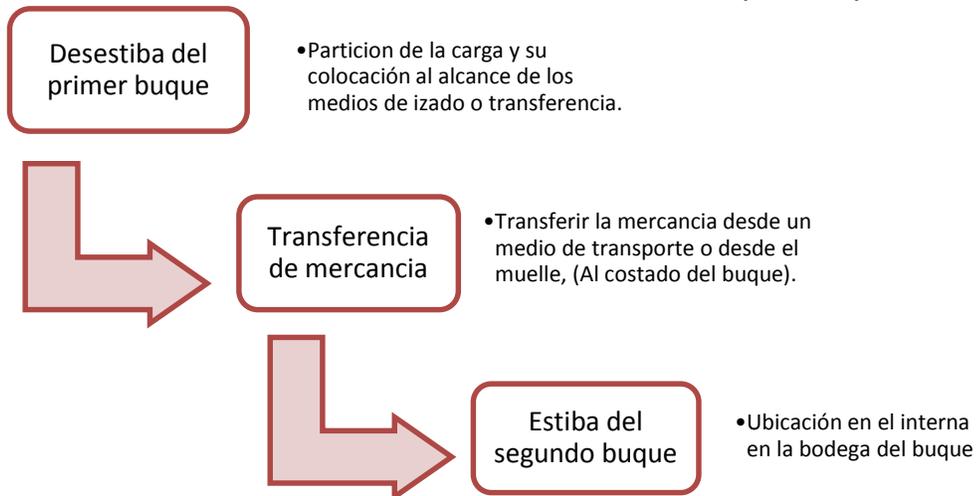
Figura 14 Actividades de desestiba y descarga en los puertos marítimos.



Fuente: El Autor.

La actividad de trasbordo entre buques comprende:

Figura 15 Actividad de trasbordo de mercancía entre buques en puerto marítimo.



Fuente: El Autor.

De acuerdo a las actividades anteriormente mencionadas y dependiendo de la modalidad a utilizar, es importante tener claro el tipo de mercancía que se va a manipular para poder utilizar los mejores métodos y herramientas para el trato de la misma.

La carga o materias primas y productos elaborados o semi-elaborados son objeto de las operaciones de envases, embalaje, unitarización, para su manipulación, almacenamiento transporte y distribución por cualquier medio de transporte, ya sea por medio marítimo, fluvial, terrestre, férreo o aéreo. La carga de acuerdo con sus características se puede clasificar en carga general, carga masiva y carga de régimen especial.

### **Cargas Generales:**

- Están constituidas por productos heterogéneos, ya sean semi-elaborados y elaborados.
- Necesitan de embalajes y medios unitarizados para su transporte.
- Los volúmenes de transporte son de medios a bajos.
- El valor de la carga es de medio a alto.
- Se transportan en medios de transporte convencionales o multipropósito bajo el esquema de transportaciones regulares.
  - Se manipulan por formas convencionales de manipulación, aunque en los últimos tiempos se ha logrado aplicar la mecanización en estos procesos.

### **Cargas Masivas o a Granel:**

- Están constituidas por productos homogéneos, ya sean semi-elaborados o materias primas.
- No necesitan de embalajes, ni de medios unitarizados para su transporte.
- Los volúmenes de transportación son de medios a altos.
- El valor de la carga es de medio a bajo.
- Se transportan en medios de transporte especializados o multipropósito bajo el esquema de transportaciones irregulares.
- Se manipulan por formas mecanizadas de manipulación, aunque en los últimos tiempos se ha logrado aplicar cierta automatización en estos procesos.<sup>37</sup>

### **Cargas de régimen especial:**

Este tipo de cargas requieren unas condiciones especiales para su manipulación y transporte, por lo general son muy delicadas o perecederas por lo tanto requieren un mayor cuidado para mantener su buen estado, se pueden encontrar distintas clases de mercancía como por ejemplo algunos vegetales, químicos, materiales

---

<sup>37</sup> SUPERINTENDENCIA DE PUERTOS Y TRANSPORTE, manipulación de la carga (on line) (30 de septiembre de 2019) disponible en <<https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2014/delegada%20puertos/caracterizacion%20puertos/LOGISTICA%20PORTUARIA.pdf>>

peligrosos para el medio ambiente o para la salud del ser humano y transporte de animales vivos.

• **Proceso portuario en el terminal internacional de Manzanillo:**

La logística que se evidencio en la visita técnica a la terminal internacional de Manzanillo de Panamá se cumple con los procesos de carga y descarga de mercancía anteriormente descritos, se puede indicar que el proceso cuenta con avances tecnológicos que ayudan optimizar el tiempo y los recursos en cuanto al uso del recurso humano en la zona de almacenamiento de contenedores gracias a la utilización de cámaras que están ubicadas en cada una de las grúas.

Figura 16 Movimiento de grúas tipo RTG en Miraflores.



Fuente: El Autor.

Figura 17 Proceso de desplazamiento de contenedores en Miraflores.



Fuente: El Autor.

En la figura 16 y 17 se muestra el uso de las grúas tipo RTG para carga y descarga de contenedores en los patios de la terminal internacional de Miraflores de Panamá, se caracterizan por tener un desplazamiento a lo largo del patio y además tener un movimiento ascendente y descendente para manipular los distintos contenedores, es importante mencionar que cada una de estas grúas cuenta con una cámara que le permite al operario la manipulación estratégica de los contenedores para poder realizar el proceso de manera eficaz y rápida, optimizando el recurso humano y el tiempo para estas actividades.

En la Figura 17 también se puede evidenciar el apilamiento que se utilizan para organizar los contenedores, se pueden organizar de 1 a 6 contenedores por filas, lo anterior se hace primero por orden y segundo por optimización del espacio de la terminal. “Este sistema es el que mayor optimización del espacio consigue y para los contenedores vacíos es el más utilizado, ya que podemos conseguir hasta seis alturas. El inconveniente es tener que manipular un contenedor en concreto, por lo que es necesario una planificación de movimientos de contenedores para que no malgastemos el tiempo.”<sup>38</sup>

---

<sup>38</sup> ¿CÓMO ES EL ALMACENAJE DE LOS CONTENEDORES? , [En línea], Bogotá D.C, [citado el 18 de octubre de 2019] Disponible en internet (<https://www.ceupe.com/blog/como-es-el-almacenaje-de-los-contenedores.html>).

Figura 18 Proceso de transporte terrestre de contenedores en Miraflores.



Fuente: El Autor.

En la figura 18, se muestra como son movilizados los contenedores a las tractomulas que generan la entrega final de la mercancía en las ubicaciones locales, este proceso se realiza de manera rápida debido a que la grúa ya está programada para colocar los contenedores en los planchones de las tractomulas y no requieren ser asegurados o amarrados para su movilización.

Figura 19 Salida del contenedor por medio del transporte terrestre de la terminal internacional de Miraflores.



Fuente: El Autor.

En la figura 19, se ve el momento en el cual la tractomula cumple con los requisitos de seguridad necesarios para la salida de la mercancía, se realiza una identificación

dactilar de cada uno de los conductores que deben estar previamente inscritos a la base de datos de la terminal y se realiza el registro del contenedor que está transportando, todo lo anterior se acompaña únicamente de cámaras que están ubicadas en los postes aledaños a esta zona.

Figura 20 Sala de control del terminal internacional de Manzanillo



Fuente: El Autor.

En la figura 20 se muestra uno de los dos costados que tiene la sala de control del terminal internacional de Manzanillo, se caracteriza por tener varias pantallas en cada uno de los puestos de los operarios, los cuales puede realizar una programación de las distintas grúas, únicamente cuentan con la posibilidad de tener acceso a la vista que ofrece la cámara en tiempo real de cada grúa para el movimiento de los contenedores.

• **Proceso portuario en el puerto de Buenaventura:**

El puerto de Buenaventura es considerado principalmente como una de las principales terminales marítimas que se encargan del transporte y almacenamiento de contenedores por medio de grúas de distintas clases y transportadas de manera interna por medio de tractomulas, el proceso de manejo de contenedores se basa en la información suministrada en la figura 9, aunque se puede enunciar los siguientes pasos para tener una mejor idea del proceso:

- Se descarga los contenedores de las embarcaciones por medio de grúas pórticos y grúas móviles para el cargue y descargue dentro del muelle de la terminal.

- Los contenedores se descargan directamente a los automotores para luego ser transportados de manera directa al cliente o a la misma zona de almacenaje, transfiriendo los contenedores de los muelles a los patios o viceversa.
- Los contenedores son ubicados según la necesidad en los patios de la terminal hay que tener en cuenta que por lo general se van ubicando en filas de hasta 6 contenedores de alto por medio de las grúas RTG.

Es importante aclarar que en ninguno de los dos puertos enunciados maneja el tema de drones para su operatividad, únicamente funcionan por medio de una central de control en la cual se genera el movimiento de todo el equipo de grúas que cuentan con una cámara que graba en tiempo real.

Tabla 17. Matriz de riesgos en los puertos marítimos a nivel general.

RIESGO	CAUSA	DESCRIPCION	CONSECUENCIA	TIPO DE RIESGO
Afectación de la plataforma tecnológica de cámaras y controles	Servidores, desconexión del sistema de cámaras, canales de internet.	La visión de las cámaras pierde comunicación o daño con el centro de control.	Afectación en la operación de los procesos logísticos del puerto.	Tecnológico
Retrasos de tiempos en el proceso de logística portuaria.	Brechas entre el proceso real de descarga de contenedores y modelo operativo	Incumplimiento en los tiempos para el proceso o para la entrega de la mercancía que pasa por el puerto.	Afectación en la entrega oportuna de los contenedores y retrasos en la operación diaria de la programación estipulada.	Operativo.
Falta de seguridad en los contenedores.	Lugares que no presentan tanta concurrencia por el personal del puerto o por falta de visualización del sistema de cámaras de vigilancia.	Lugares que requieren una supervisión extra ya sea en la parte marítima o en la parte del puerto para evitar eventos de inseguridad con la mercancía que se transporta por este medio.	Pérdidas o daños en algunas mercancías que lleguen al puerto.	Tecnológico Operativo y seguridad
Deficiencia en el proceso de ubicación de contenedores en el puerto.	Falta de planeación y visualización del espacios disponibles para la ubicación estratégica de los contenedores.	Se deja de utilizar el 55% del total de los patios y el 32% de los patios que tiene el puerto.	Desaprovechamiento del espacio disponible en los puertos para almacenaje de contenedores.	Operativo y seguridad.
Nivel importante de tráfico alrededor de la zona vigilada.	Mala programación o retrasos en los turnos de atención a las embarcaciones.	Se puede generar tráfico en las aguas aledañas al puerto y generar inconvenientes de movilidad o posicionamiento de las embarcaciones.	Demoras en los tiempos de realización de las actividades portuarias y problemas de control en la seguridad.	Operativo
Ingreso de pequeñas	Propósitos de delincuencia ante la	Se puede generar una invasión en las aguas correspondientes al puerto y generar mayor inseguridad porque el tamaño de	Generar problemas de robo o actos vandálicos dentro de las instalaciones del puerto.	Seguridad.

Tabla 17. Continuación

embarcaciones con mar gruesa	mercancía que se manipula en el puerto.	estas embarcaciones es muy pequeño al lado de los buques y pueden pasar sin detección oportuna		
Detección de nadadores que se aproximan	Temas turísticos que hacen el desconocimiento del tránsito por algunas aguas o fines terroristas en contra del puerto.	Violación al límite de ingreso del puerto y generar problemas logísticos o de seguridad al tener a una persona en área de trabajo para el puerto	Se puede presentar algunos accidentes con personas que sean imprudentes en el ingreso de estas aguas o problemas de seguridad al tener un ingreso no permitido a las instalaciones del puerto.	Seguridad.
No ubicar de manera oportuna las embarcaciones por radar	Falla en el radar o el alcance del objetivo es algo distante.	Algunas embarcaciones por fallas tecnológicas del radar no son identificadas y ocupan parte de las aguas del puerto.	Generar problemas de seguridad o tráfico en las embarcaciones que si utilizaran el puerto marítimo	Seguridad.
Cansancio de operarios.	Largas jornadas de trabajo o pocos momentos de descanso.	Los operarios pueden cometer algunos errores en la manipulación de las grúas de descarga.	Demoras en los procesos o daños ya sea a las embarcaciones o a los contenedores de mercancía.	Operativo
Eventos terroristas dentro de las instalaciones del puerto	Falta de vigilancia en algunas zonas lejanas de los muelles pero que tengan acceso al puerto.	Generar problemas de secuestro, robo, explosiones o masacres.	Perdida de mercancía o de trabajadores y mala imagen para el puerto antes los clientes.	Seguridad.

Fuente: El Autor.

De acuerdo a la tabla 17, se puede ver cuáles pueden ser los principales riesgos que se pueden presentar en el puerto y las consecuencias que este puede traer, la mayoría de estos son de tipo operativo debido a que este tipo de lugares se genera más la actividad de movimientos de cargas y contenedores desde las embarcaciones al interior del puerto para su almacenaje o para el despacho total de la mercancía en distintos medios de transporte terrestre.

Es importante tener en claro que el riesgo que más se debería tener en cuenta para el aprovechamiento del puerto es el de la localización de los distintos contenedores en las bodegas y en los patios del lugar, al continuar con este tipo de deficiencias se puede generar pérdidas económicas y pérdida de competitividad en el mercadeo por no tener un buen orden en el almacenaje de las cargas.

El puerto de Buenaventura puede optar por realizar algunas estrategias que le permitan disminuir este tipo de riesgos por medio del uso de la tecnología y de la buena planeación estratégica, si se logra de alguna forma mejorar estos riesgos se puede pensar en generar a futuro algunos mejoramientos en el servicio con mayor calidad y rentabilidad para el sector del medio de transporte marítimo para el país en general.

La terminal internacional de Manzanillo cuenta con un buen equipo tecnológico que le permite tener el control de cada uno de los contenedores y del personal que trabaja de manera directa en las instalaciones del puerto, pero se pueden realizar algunas propuestas de mejoras para que cada día sean más eficientes en sus servicios que prestan a nivel internacional.

## 4 PRINCIPALES FUNCIONES DEL DRON DENTRO DEL PROCESO DE MANEJO DE CONTENEDORES Y SEGURIDAD DE LOS MISMOS

### 4.1 SELECCIÓN DEL MODELO DE DRON A UTILIZAR PARA LA PROPUESTA:

En el mercado existen distintas clases de drones en los cuales varían las funciones, el alcance, el tiempo de permanencia en vuelo y el costo, por lo anterior es importante identificar para la propuesta de la implementación de drones en el puerto de Buenaventura el mejor dron que se acomode a las necesidades del trabajo, por lo anterior se generó una evaluación de 9 drones que se encuentran actualmente en el mercado y se analizaron los principales aspectos tomando como base las características que se muestran en la tabla 18.

Tabla 18 Características a evaluar para selección del dron.

<b>Características a evaluar</b>	<b>Valor máxima de la calificación.</b>
Precisión y estabilidad	10 puntos
Facilidad de pilotar	10 puntos
Resistencia a los golpes	10 puntos
<b>Total</b>	<b>30 puntos</b>

Fuente: El Autor.

La Nota final se obtiene por el promedio de los tres resultados obtenidos, se genera luego una comparación entre los aspectos propios de cada uno de los drones para seleccionar el dron que cumple con los mejores datos en cuanto a autonomía en minutos, alcance en metros, peso, tamaño y precio del dispositivo.

De acuerdo a lo anterior se muestra en la tabla 19 el comparativo de los 9 drones profesionales de manera detallada que se encontraron en el mercado, se resalta en verde el dron “DJI Mavic Pro 2” el cual es el seleccionado para generar la propuesta porque es el mejor dispositivo debido a que cumple de manera satisfactoria con cada una de las características evaluadas, con una nota final de 9.7 y representa ser el mejor en cuanto a las otras especificaciones físicas, el precio es uno de los más elevados que se encuentra en el mercado pero se debe tener en cuenta que el puerto requiere drones profesionales para poder sacar el mejor provecho a estos dispositivos.

Tabla 19 Comparativo y evaluación de drones en el mercado

MODELO DE DRON	AUTONOMIA (minutos)	ALCANCE (metros)	PESO (g)/TAMAÑO (cm)	CAMARA	PRECISIÓN Y ESTABILIDAD	FACILIDAD DE PILOTAR	RESISTENCIA A LOS GOLPES	PRECIO	NOTA
<b>Parrot Bebop 2</b> 	25	300	499/38,1 x 32,8 x 8,9cm	SI	8	9	9,1	\$ 4.074.000	<b>8,7</b>
<b>Walkera QR X350</b> 	25	2000	120g/29 x 29 x 20 cm	SI	8,1	8,9	9,1	\$ 1.896.296	<b>8,7</b>
<b>Parrot Anafi</b> 	4525	4000	708g/23,9 x 17,5 x 6,6 cm	SI	8,2	9,3	9,2	\$ 5.177.777	<b>8,9</b>
<b>DJI Inspire 1</b> 	19	2000	7000g/29 x 54 x 59 cm	SI	9,3	9,5	9,4	\$ 6.500.000	<b>9,4</b>
<b>Potensic D85</b> 	18	500	525g/42 x 42 x 15 cm	SI	9,36	9,45	9,69	\$ 1.851.852	<b>9,5</b>
<b>DJI Mavic Mini</b> 	30	2000	249g/14 x 8,2 x 5,7 cm	SI	9,36	9,45	9,69	\$ 2.955.500	<b>9,5</b>
<b>Hubsan Zino Pro</b> 	23	4000	700g/18.7 x 10.4 x 9 cm	SI	9,6	9,51	9,69	\$ 3.251.851	<b>9,6</b>
<b>DJI Mavic PRO 2</b> 	27	7000	757g/8,3 x 19,8 x 8,3cm	SI	9,8	9,5	9,8	\$ 7.999.999	<b>9,7</b>
<b>Eachine Ex3</b> 	20	400	687g/45 x 45 x 7,5 cm	SI	9,8	9,5	9,8	\$ 2.074.074	<b>9,7</b>

Fuente: El Autor.

## 4.2 ESPECIFICACIONES DEL MODELO DE DRON A UTILIZAR SEGÚN LAS NECESIDADES DEL PUERTO:

En la actualidad existe una gran cantidad de modelos de drones que pueden ser utilizados en las actividades portuarias para optimizar algunos procesos logísticos y de seguridad, es importante tener en claro que este tipo de dispositivos se puede armar dependiendo de las necesidades de los clientes o se puede comprar de manera unificada con las funciones deseadas (Cámaras, sensores, señal wifi, etc.). De acuerdo de lo anterior puede variar el precio del dispositivo.

A continuación, se muestra un modelo que puede ser utilizado en el proyecto para las funciones básicas de ayuda en la logística y seguridad en el área del puerto de Buenaventura:

**4.2.1 Cámara Infrarroja:** Este complemento al dron puede ser de gran ayuda para identificar la carga de las embarcaciones de manera sencilla, puede contribuir a descubrir algún tipo de anomalías en el contenido de los contenedores o algún tipo de escape de gases o sustancias y muestra gráficamente las fuentes de calor de los distintos objetos.

Figura 21 Modelo de cámara térmica para dron



Fuente. ESTUDIO DE VIABILIDAD DE UN DRON EN LA INDUSTRIA MARITIMA [en línea]. Bogotá<[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106325/113207\\_Estudio%20de%20la%20viabilidad%20de%20un%20Dron%20en%20la%20industria%20mar%C3%ADtima\\_Xavier%20Domenech%20Fernandez](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106325/113207_Estudio%20de%20la%20viabilidad%20de%20un%20Dron%20en%20la%20industria%20mar%C3%ADtima_Xavier%20Domenech%20Fernandez)>

### 4.2.2 Videocámara

El dron en si tiene incorporado por lo general este tipo de cámara por lo que hace parte de su funcionamiento básico con sistema wifi para las imágenes y videos, esta pieza es clave para el buen manejo del dispositivo debido a que gracias a estas cámaras se tiene acceso directo a la señal y a la imagen que está en vivo para su buena maniobrabilidad durante el plan de vuelo y para la ayuda en la logística del

manejo de la mercancía y visión estratégica en el tema de seguridad de los contenedores, se deben tener las siguientes especificaciones para esta parte del dispositivo:

#### **4.2.2.1 Ligereza**

No es necesario montar cámaras portátiles de uso habitual al dron debido a que estas son demasiado pesadas y costosas, se debe buscar un dispositivo con buena cámara para no generar pesos extras y bajar el rendimiento que puede ofrecer el dron.

#### **4.2.2.2 Robustez**

La cámara debe soportar cierto nivel de golpes por que hay que tener en cuenta que el aterrizaje o el despegue pueden ser interrumpidos por algunos factores como por ejemplo los vientos.

#### **4.2.2.3 Lentes intercambiables**

La posibilidad del cambio de lente da una gran ventaja para las distintas actividades que se pueden dejar a cargo del dron, si va a generar una actividad a larga o corta distancia es bueno tener un complemento que ayude a la visión según sea la necesidad y de esta forma también ayudar a la central de control a tener una mejor maniobrabilidad del dispositivo sacándole el mejor provecho a este.

#### **4.2.2.4 Memoria de grabación de imágenes y video**

Debe contar con una buena memoria para el caso en el cual el control central no reciba la información por algún tipo de interrupción de señal o algo parecido, la idea es que en la memoria quede registrada la actividad del dispositivo como prueba de los procesos realizados a nivel de seguridad, no solo para el desarrollo de las actividades si no como histórico en el mejoramiento de los procesos por parte del departamento de logística y calidad.

#### **4.2.2.5 Señal wifi**

Debe tener muy buena señal ya que dependiendo de esta se le puede dar un buen alcance de envío de información a la torre central tanto para el manejo del dispositivo como para el buen desarrollo de las actividades que se estén realizando con el dron.

#### **4.2.3 Vehículo aéreo (dron)**

La estructura debe ser fuerte pero al mismo tiempo ligera para darle buen movimiento al dispositivo en el plan de vuelo,

#### **4.2.3.1 El material**

Debe ser preferiblemente en carbono y plástico debido a que este tipo de materiales pueden resistir más a la corrosión del ambiente marino y contaminante para extender de esta manera su vida útil.

#### **4.2.3.2 Velocidad**

Para optimizar los tiempos de la operación que se esté realizando, tener una velocidad promedio de 7 m/s es lo ideal.

#### **4.2.3.3 Baterías**

Por lo general son baterías de larga duración con las cuales se le puede dar más uso al dispositivo en el desarrollo de las distintas actividades que realice en el puerto marítimo, generando una buena optimización tanto en el tiempo de funcionamiento como en el alcance del mismo desde la central de control.

Figura 22 Modelo de dron a utilizar en el puerto marítimo.



Fuente TIENDA QUPIX- categoría drones DJI Mavic 2 Pro + Smart Controller [en línea]. Bogotá <<https://www.tiendaqupix.com/producto/dji-mavic-2-pro-smart-controller/>> citado el 14 de octubre de 2019

#### **4.2.3.4 Control**

Dependiendo del tipo de actividad que esté realizando el dron se puede generar un despegue y aterrizaje de manera manual o automatizado, el plan de vuelo se puede sistematizar para que prácticamente el dron siga la trayectoria en los tiempos estipulados en el sistema, si se requiere se puede hacer de manera manual utilizando como guía la cámara, lo importante es que desde la central de control se debe supervisar siempre la actividad de estos para su buen desempeño.

#### **4.2.3.5 Motores**

Para el buen funcionamiento y rendimiento del dron se debe usar un motor con 4 hélices que giran en el mismo sentido de las manecillas del reloj las cuales al

trabajar al mismo tiempo le dan al dispositivo el empuje necesario para soportar los vientos que se generan en este tipo de lugares.

Se puede indicar por medio de la tabla 20, las características técnicas y de operaciones que puede tener el modelo de dron a utilizar en las instalaciones del puerto de Buenaventura:

Tabla 20 Características técnicas del dron.

<b>CARACTERÍSTICA O PARTE.</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Longitud/ ancho / altura	91mm/ 214 mm/ 84 mm ( sin desplegar)
Estructura/ Armazón	Chasis de carbono y plástico
Peso	Variable
Sensores equipados	Sensores de dirección de obstáculos en todos los lados de la aeronave
Batería	Característica de recarga total en poco tiempo sobre corriente de energía convencional.
Autonomía	31 minutos de tiempo en vuelo
Velocidad	Velocidad Max. De 72 Km/h en modo Sport
Frecuencia en vuelo	Presenta tipo de vuelo libre, orbita, rumbo fijo o trayectoria.
Cámara	Diseño ergonómico, fotos de 20 megapíxeles con un detalle de color sorprendente y ajuste especial del lente para trabajar en diferentes iluminaciones, es capaz de hacer zoom de cuatro aumentos, enfoque rápido y preciso
Cámara térmica	Se puede instalar la cámara para determinadas situaciones, el peso cumple con el requerimiento de peso sin afectar el normal desarrollo del dron en el vuelo.
Estabilizador de cámara.	Estabilizador en tres ejes que permite hacer videos estables, fluidos en prácticamente cualquier situación.

Fuente: El Autor.

## 4.2 FUNCIONES QUE DESARROLLARÍA EL DRON EN LAS ACTIVIDADES DEL PUERTO DE BUENAVENTURA:

Es importante tener claro cuáles son las funciones en las cuales puede desempeñarse los drones en el puerto de Buenaventura, más específicamente en los muelles 5, 6,7 y 8 que son los que están destinados a la carga y descarga de contenedores, por lo anterior se muestra en la tabla 21 una relación de las principales funciones y beneficios que puede traer a nivel de logística, seguridad y manejo del recurso humano en los distintos procesos.

Tabla 21 Beneficios al usar un dron en de acuerdo en la actividad del puerto.

ACTIVIDAD DEL PUERTO	BENEFICIOS EN LA OPERATIVIDAD CON EL USO DEL DRON
Carga de contenedores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Logística:</b> Se genera una mejor ubicación de la embarcación en el muelle correspondiente de acuerdo a la programación realizada y al tipo de transporte que lo llevara al muelle, de tal manera que las grúas tengan mayor oportunidad de recoger y soltar los contenedores, puede ser más rápido el proceso de carga optimizando algunos tiempos de ejecución por tener una mayor seguridad en la maniobrabilidad tanto de la nave como del equipo que se utiliza para esta proceso.</li> <li>•<b>Seguridad:</b> Se puede generar un mayor control del tipo de carga que está saliendo del puerto, identificar desde la distancia si los contendores o estado de la embarcación están en óptimas condiciones asegurando que la mercancía salga en óptimas condiciones vía marítima, se pueden generar observaciones en el reporte para demostrar algunas anomalías y evitar malas situaciones con los clientes.</li> <li>•<b>Recurso Humano:</b> Se puede disminuir el personal de trabajo algunos cargos, como por ejemplo los que ayudan con señalamiento en la ubicación de la embarcación en el muelle y también personal que sirve de guía para la recogida de los contendores por medio de las distintas clases de grúas.</li> </ul> <p>El personal que manipula las grúas pueden tener la opción de verificar su manejo por medio de la visualización de los drones para tener un mayor rango de visión y de esta forma agilizar el proceso, es claro que este personal debe tener una capacitación para lograr utilizar de mejor manera el ingreso a la cámara del dispositivo.</p>

Tabla 21. Continuación.

<p>Descarga de contenedores</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Logística:</b> Se puede mejorar el proceso en cuanto a tiempo de ejecución por cada uno de los pasos descritos para este proceso portuario, al tener una mejor visibilidad se puede tener en cierta forma una mayor precisión en los espacios y en los movimientos tanto del personal como del equipo de grúas para la manipulación de los contenedores que lleguen al puerto de Buenaventura.</li> <li>• <b>Seguridad:</b> Se puede generar un mayor control del tipo de carga que está llegando al puerto, identificar desde la distancia si los contenedores o estado de la embarcación están en óptimas condiciones antes de la manipulación por parte del personal de la mercancía, se puede generar observaciones en el reporte para demostrar algunas anomalías y evitar malas situaciones con los clientes.</li> <li>• <b>Recurso Humano:</b></li> </ul>
<p>Almacenamiento de contenedores</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Logística:</b> Ubicación estratégica y organizada de cada uno de los contenedores tanto en los muelles, bodegas y patios que están destinados en el puerto para esto, al tener una mejor visualización del terreno se puede generar una mejor acomodación de los contenedores teniendo en cuenta el tiempo de permanencia en el almacenaje o el tipo de transporte que se va a utilizar para</li> <li>• <b>Seguridad:</b> Se pueden generar rondas de vigilancia con los drones en aquellos espacios de almacenaje que sean más lejanos o más escondidos, la idea no es solo tener una panorámica desde las cámaras convencionales de vigilancia si no tener la opción de mayor visualización y más cuando el cliente informe que es mercancía que requiera mayor supervisión por parte del puerto por el contenido que tenga. Se puede tener un mayor beneficio al contar con grabación de video durante las rondas del dron, ante cualquier inconveniente o anomalía se puede tener de prueba los videos de vigilancia y así analizar posibles respuestas ante algunos casos.</li> <li>• <b>Recurso Humano:</b> Se puede optimizar el uso de trabajadores en algunos cargos de vigilancia debido a que ya no va ser necesario tanto personal disponible en las bodegas porque los drones pueden supervisar en algunos tiempo el cuidado de los contenedores, se puede generar un aprovechamiento de este personal en otros espacios como</li> </ul>

Tabla 21. Continuación.

	<p>por ejemplo en los controles de ingreso y salida de tractomulas del terreno del puerto y</p>
<p>Transporte de contenedores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Logística:</b> Se puede mejorar los caminos dentro del terreno del puerto para el movimiento de los contenedores por medio de las tractomulas o grúas, se puede llegar a generar una mayor optimización de las vías de acceso y mayor descongestión en el tránsito de maquinaria, brindando rendimiento en el tiempo de operación.</li> <li>• <b>Seguridad:</b> Se le puede dar rastreo a aquellos contenedores que contengan carga importante o de cuidado especial, se asegura que el producto este en óptimas condiciones hasta el momento de la salida del puerto, en el cual deja de ser responsabilidad del puerto cumpliendo con el servicio estipulado al cliente, además se contaría con material de videos para registro ante la actividad y prueba ante cualquier anomalía.</li> <li>• <b>Recurso Humano:</b> Se puede hacer alguna reducción de algunos cargos operativos en terreno como por ejemplo paleteros o guías debido a que el dron puede cumplir con la función de hacer el seguimiento a las distintas tractomulas y generar una mayor optimización.</li> </ul>

Fuente: El Autor.

Es importante aclarar que el dron puede ser destinado para otro tipo de funciones que se puedan desarrollar en la posible implementación del proyecto, pero en efecto de este proyecto se especifica únicamente a estos procesos que son los que están directamente relacionados con el manejo de los contenedores de carga.

“Otros usos potenciales para los drones se están desarrollando rápidamente. Una posibilidad es que a través de ellos lleven a cabo inspecciones o sirvan de puntos de vigilancia de piratería en las rutas de alto riesgo. Las inspecciones podrían incluir fotografías de alta calidad o videos de ciertas áreas de un buque, tales como la popa o los tanques de carga”<sup>39</sup>

<sup>39</sup> MUNDO MARITIMO, INFORMACIÓN MARÍTIMA DE LATINOAMERICA- Maersk Tankers estudia potenciales usos de drones en la industria marítima [en línea]< <https://www.mundomaritimo.cl/noticias/maersk-tankers-estudia-potenciales-usos-de-drones-en-la-industria-maritima>>[citado en 12 de mayo de 2019]

## 5. PROPUESTA DEL USO DE DRONES EN EL PUERTO DE BUENAVENTURA PARA EL PROCESO PORTUARIO DE CARGUE Y DESCARGUE DE CONTENEDORES.

La propuesta para la implementación de los drones en el puerto de Buenaventura se basa principalmente en la experiencia vivida en la terminal internacional de Miraflores y por medio de las consultas y análisis de la información para este fin, la propuesta que se realiza se describe a continuación:

### 5.1 ANÁLISIS PRELIMINAR DEL USO DEL DRON

Como primera instancia para la propuesta se debe tener un claro análisis de la topografía del lugar debido a que los drones se van a encontrar con distintas clases de obstáculos en el día a día y es bueno tener claridad de este tipo de riesgos para el buen plan de vuelo de los dispositivos, para lo anterior se propone realizar un mapa general del espacio de los muelles 5, 6 7 y 8 para delimitar el espacio de operación de los dispositivos.

#### 5.1.1 Plan diario de buques.

Para el desarrollo del uso de drones en la operación diaria en el puerto de Buenaventura es importante tener clara la programación de llegada de cada una de las embarcaciones que lleguen a la terminal, el tipo y la cantidad de carga para cada una, visto bueno de la revisión de la documentación por los entes reguladores del puerto, de esta manera se puede estimar el uso del dron para optimizar tanto el uso del mismo como el tiempo de funcionamiento para determinada operación. Se establece el siguiente formato que sirve como control e historio de las actividades de los drones en la jornada laboral.

Figura 23 Modelo propuesto para la preparación de los drones

LISTADO DE BUQUES FECHA DD/MM/AAAA PARA ASISTENCIA DE DRONES									
NOMBRE DEL BUQUE	HORA DE LLEGADA	HORA DE SALIDA	CARACTERISTICAS DEL BUQUE			MUELLE DE ATRAQUE	N° DE DRONES	CÓDIGO DRON	OBSERVACIONES
			ESLORA	MANGA	ALTURA				

Fuente: El Autor.

## 5.2 PLAN DE VUELO

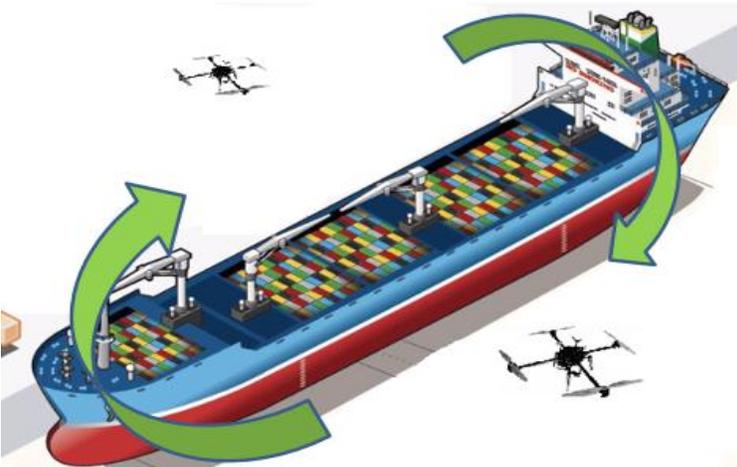
Serán programados de manera simultánea o dividida entre la función de vigilar y la función de ayudar con la parte logística del proceso de embarque, desembarque y almacenaje de contenedores en los distintos patios o bodegas de almacenaje.

De acuerdo al modelo del listado de buques por atender mostrado en la figura 22 se puede generar una programación previa para el plan de vuelo para los drones en el servicio y lugar donde se necesiten, generando la ubicación del dron al momento del ingreso de la embarcación a las instalaciones marítimas del puerto para realizar la guía correspondiente.

### 5.2.1 Plan de Vuelo en el proceso de embarque y desembarque de contenedores.

El dron deberá ser piloteado desde el lugar de descanso del dispositivo hasta el muelle que indique el formato de listado de buques para proceder con el proceso de ayuda logística, deberá sobrevolar sobre la embarcación para generar ayuda en la ubicación del barco al muelle, seguido de esto el dron tendrá una ubicación estacionaria encima del buque desde distintos puntos estratégicos para colaborar con el proceso de carga o descarga de los contenedores ya sea a la embarcación o al muelle dependiendo el caso, de esta forma el operador de la grúa tiene más facilidad de ubicar los contendores y generar un mayor rendimiento en los movimientos realizados, luego de cumplir con esto se generara un regreso del dron al sitio de descanso, es importante registrar las observaciones después del uso de dron en el servicio solicitado en el formato de la figura n°24 para dejar evidencia del proceso y de su control de su terminación.

Figura 24 Grafica de plan de vuelo del dron en el proceso de embarque y desembarque de contenedores.



Fuente El Autor.

### **5.2.2 Plan de vuelo para el proceso de almacenamiento de mercancía.**

El dron debe ser piloteado o programado desde el lugar de descanso del dispositivo hasta la ruta en la cual se va a generar el proceso de transporte de la mercancía, este plan de vuelo puede realizarse de manera manual o programada debido a que previamente se puede hacer una medición del terreno tanto en distancias, formas y tiempos de trayecto para que el dispositivo lo pueda realizar de una mejor manera y se estaría optimizando la actividad del operario en el centro de control

### **5.2.3 Plan de vuelo para el plan de vigilancia.**

El dron debe ser piloteado o programado desde el lugar de descanso del dispositivo hasta el lugar en el cual se va a desarrollar el proceso de control o de vigilancia de los contenedores, la idea es utilizar los dispositivos en los lugares de difícil acceso o los lugares más escondidos para no desaprovechar el sistema de cámaras que ya está instalado dentro del puerto, el dron permanecerá realizando rondas programadas en el perímetro deseado para generar el proceso de vigilancia en horarios que sean más útiles, como por ejemplo en la jornada nocturna, luego de cumplir con esto se generará un regreso del dron al sitio de descanso, es importante registrar las observaciones después del uso de dron en el servicio solicitado en el formato de la figura n°23 para dejar evidencia del proceso y de su control de su terminación.

Hay que tener en cuenta que se pueden generar algunas combinaciones de plan de vuelo dependiendo de la necesidad de las actividades por realizar en el puerto y del nivel de batería con la que cuente el dron al momento de la nueva asignación de tareas, lo anterior se explica de manera individual para darle el proceso unitario a cada caso presentado.

### **5.2.4 Estrategias para evitar obstáculos**

Evitar obstáculos puede ser una de las partes del proceso uso de drones más importantes debido a que se debe tener cuidado con este tipo de dispositivos y también para el buen rendimiento económico del puerto, la posible solución es utilizar un sistema de sensores laser que eviten un contacto del dron ante cualquier superficie que este cercana a una determinada distancia de seguridad con el fin de cuidar la estructura del dron en todo momento, se le puede dar una programación al dron siempre y cuando se tenga una buena programación de estos.

## **5.3 DESPLIEGUE DEL DRON**

Se deberá tener un lugar dentro del puerto de Buenaventura especial para el aterrizaje y arranque de los drones para el servicio, puede ser una zona que este en el intermedio de los muelles 5, 6, 7 y 8 para el fácil acceso y disponibilidad de los dispositivos ante cualquier solicitud, una vez se determine lo anterior es necesario equipar el dron con el equipo complementario que se requiera y programar el plan de vuelo en tal caso no se realice de manera manual.

Figura 25 Zona de descanso para los drones.



Fuente El Autor.

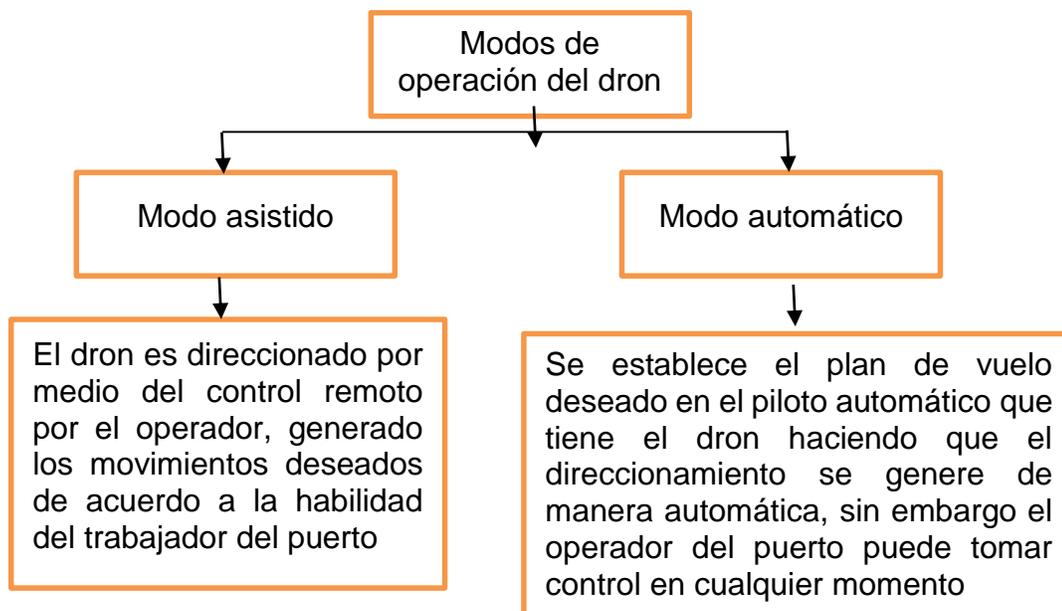
En la figura 25 se ve el espacio que se propone para la zona de descanso de los drones, el cual es un lugar estratégico por su cercanía a los muelles 5, 6, 7 y del puerto de Buenaventura, permite que el desplazamiento sea rápido de acuerdo a la necesidad que se esté presentando. La zona de descanso se debe utilizar para las maniobras de despegue, aterrizaje, carga de baterías y mantenimiento de los drones.

### 5.3.1 Modos de operación del dron en el puerto.

La idea es utilizar los drones en distintos momentos de la operación del puerto de Buenaventura, de acuerdo al plan de vuelo seleccionado se puede asumir los modos de operación que se muestran en la figura 26 dependiendo del plan de vuelo a utilizar, es indispensable tener claro la programación de la mercancía que llegará al puerto, esto ayudara de manera significativa a realizar el plan de vuelo del dron, en algunas ocasiones se usara el modo asistido, debido a que por el tamaño de la embarcación o los objetos que contenga así lo requiere.

En cuanto al modo de operación asistido se debe tener en cuenta que el operario deberá tener el control desde el mismo lugar de descanso de los drones para generar una buena manipulación del dispositivo y en el modo automático lo preferible es el manejo directamente desde la cabina de control del puerto debido a que el dispositivo seguirá una ruta programada en su memoria interna que no requiere asistencia inmediata del operario.

Figura 26 Modos de operación del dron.



Fuente: El Autor.

#### 5.4 CANTIDAD DE DRONES A UTILIZAR EN LA PROPUESTA

La propuesta pretende generar un acompañamiento en el tema de logística y seguridad para los muelles 5, 6 7 y 8 del puerto de Buenaventura debido a que son aquellos en donde se desarrolla la actividad de carga y descarga de contenedores de distintas clases de mercancía, por lo tanto para el primer año de funcionamiento la idea es generar un plan que maneje el menor número de drones posibles para evitar gastos innecesarios y analizar el comportamiento de la actividad al utilizar estos dispositivos, de igual manera se generarían posteriormente un análisis de resultados para verificar si el número de drones se puede incrementar si es necesario, por lo tanto en la tabla 22 se ve la cantidad asignada de drones dependiendo del lugar de ejecución, se debe tener en cuenta que 2 drones son reserva para casos imprevistos o para apoyo especial en la operación, de igual manera se considera un “par” para cada sección que estaría en la parte de la zona de descanso cargando la batería mientras el otro dron cumple con su trabajo programado, de esta manera se tendría a disposición siempre el dispositivo en el lugar y momento que se necesite.

Tabla 22 Cantidad de drones a utilizar.

<b>UBICACIÓN O ACTIVIDAD</b>	<b>CANTIDAD DE DRONES EN TRABAJO</b>	<b>CANTIDAD DE DRONES EN CARGA</b>
Muelle 5	1	1
Muelle 6	1	1
Muelle 7	1	1
Muelle 8	1	1
Vista general de muelles o apoyo	1	1
Almacenamiento y vigilancia	2	2
Acompañamiento en transporte.	2	2
Reserva	-	2
<b>Total</b>		<b>20</b>

Fuente: El Autor.

## **5.5 PERSONAL ENCARGADO DE LA OPERACIÓN DEL DRON**

**Personal administrativo.** De acuerdo a la nueva operación que se puede realizar al usar los drones en el puerto de Buenaventura se puede indicar que el personal administrativo es fundamental para el buen desarrollo de las actividades, mantiene el buen funcionamiento de los temas de formatos, control de horarios de trabajo, beneficios, seguridad y salud en el trabajo, presupuestos, control de calidad, etc.

**Personal de control:** Hace referencia al tipo de trabajadores que se especializan en el control directo del sistema de logística y vigilancia de los muelles 5, 6, 7 y 8 del puerto de Buenaventura, tienen a cargo el manejo del sistema de cámaras ubicadas en postes y en grúas, un nuevo personal haría parte de este departamento, se encargarían del buen direccionamiento de los drones desde el mismo centro de control.

**Personal de operación en terreno:** Cumplen con el papel de apoyo o guía para el personal de control y el personal que utiliza los distintos medios de transporte terrestre, son parte fundamental del buen desarrollo de las funciones que tendría el dron en el puerto debido a que están en el terreno directo de trabajo y pueden anunciar cualquier tipo de inconsistencia en el ambiente para la ejecución del trabajo de los drones.

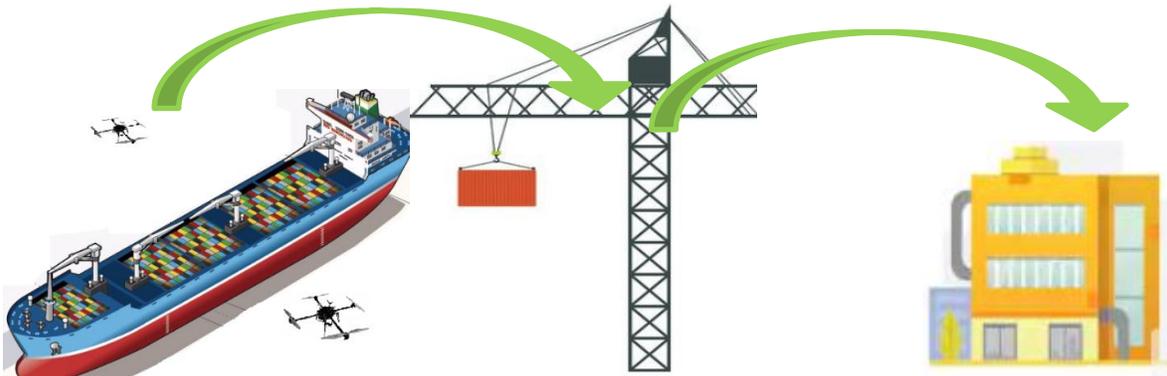
## 5.6 OPERABILIDAD DE LOS DRONES EN LOS PROCESOS:

### 5.6.1 En el proceso de carga y descarga de contenedores

Los drones tendrán la función específica durante el desarrollo del proceso de carga y descarga de contenedores en los muelles 5, 6, 7 y 8 del puerto de Buenaventura ayudando logísticamente al operario de grúa tipo RTG a tener una mejor visibilidad del proceso que se está realizando, lo anterior hace que el agarre de los contenedores y movimientos sean más seguros y concretos optimizando el proceso, se puede generar rendimientos en los tiempos y mayor seguridad para la mercancía que se está transportando.

Para la ejecución de este proceso el operario debe tener acceso al video que proporciona el dron en tiempo real en la cual se debe proyectar en una pantalla instalada en la cabina de la grúa para que este pueda sacar provecho de los ángulos aéreos que el dron proporciona, se mantendrá una comunicación constante entre el centro de control y la grúa para poder direccionar el dron a la mejor ubicación posible, la idea es que a futuro los drones puedan tener inteligencia artificial para que ejecuten los movimientos con mayor rendimiento y menos control desde la central de control.

Figura 27 proceso de carga y descarga con ayuda del dron



Fuente: El Autor.

En la figura 27 se evidencia la conexión que debe haber entre los drones, el operador de la grúa y la central de control del puerto para obtener un buen resultado en cuanto a tiempo, el aprovechamiento de los movimientos de la grúa y cuidado de los contenedores. Los aspectos logísticos y de seguridad que se mejorarían con esta implementación de la propuesta son:

- Optimización del tiempo de ejecución de la grúa.
- Aprovechamiento del trabajo del operario.
- Mayor cuidado de la mercancía que se transporta.

### **5.6.2 En el proceso de vigilancia y almacenamiento**

En este proceso de almacenamiento y vigilancia los drones deben ser utilizados en jornadas específicas debido a que el inconveniente del tiempo de autonomía del dron es de tan solo 32 minutos, por lo que hace que estas funciones se puedan desarrollar pero no de manera constante, se utilizaría como un complemento al sistema actual de cámaras de video que ya tiene instalado el puerto y se utilizarían para mercancía en específico que requiera más vigilancia por su alto costo o en aquellos patios que estén retirados de las cámaras fijas para evitar los riesgos de seguridad en horarios nocturnos, en cuanto a el almacenamiento se puede generar una mejor organización y aprovechamiento de los espacios al tener una mejor visión del área disponible, por lo tanto desde la central de control se puede comunicar a las grúas o al transporte terrestre la mejor ubicación manejando la organización del lugar.

Con esta operatividad los aspectos logísticos y de seguridad que se logran mejorar son los siguientes:

- Optimización del espacio disponible del puerto.
- Optimización en tiempos de traslado de contenedores debido a que ya se tiene una instrucción clara del lugar en donde debe ser almacenado el contenedor.
- Mayor seguridad en los patios más lejanos del puerto.
- Optimización de tiempos al generar un despacho de los contenedores debido a que estos esta mejor organizados en las zonas de bodegas y patios.
- Se lograría una mayor calidad en el servicio y reconocimiento en el mercado y pueden llegar nuevos clientes interesados en el servicio por el uso de este tipo de tecnología, puede ser más confiable el proceso y más llamativo.

### **5.6.3 En el proceso de transporte**

El dron tendrá la función de generar el acompañamiento de algunas tractomulas después de la carga hasta la salida del puerto para generar mayor control de la mercancía que está por salir, se pueden optimizar las rutas para no demorar tanto el transporte en las vías internas y no generar represamientos, no es una actividad que se pueda generar de manera constante pero ayuda a la calidad del servicio y a la seguridad.

- Optimización en el tiempo de evacuación de las tractomulas
- Se genera mayor seguridad con la mercancía de valor.
- Se puede optimizar algunos cargos de operarios que ayudan como guías o paletteros en el recorrido de las tractomulas.

## **5.6 MANTENIMIENTO**

### **5.6.1 Mantenimiento Preventivo De Los Drones.**

Debido a que el dron es un dispositivo tecnológico y que va a estar en constante uso ante un ambiente que se enfrenta a distintos tipos de riesgo, es importante

contemplar el control de mantenimiento de drones debido a que con esto se puede estimar a futuro el costo de mantenimiento por la operación y el buen funcionamiento de cada uno de ellos, por lo anterior se puede ver en la figura 26 el tipo de formato que se puede utilizar para esta actividad, de acuerdo a esto no solamente serviría para el buen desarrollo del dispositivo si no que sirve como proceso de calidad.

Figura 28 Modelo de formato de control de mantenimiento de drones.

CONTROL DE MANTENIMIENTO DE DRONES																										
AÑO																										
MES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
#	CÓDIGO DRON																									
1														X						X						X
2																										
3																										
4																										

Fuente: El Autor.

La figura 27 muestra de manera sencilla el tipo de control que se utilizaría con los drones, en los primeros 12 meses el dispositivo está cubierto por la garantía del proveedor, de igual manera si se presentará alguna revisión durante este periodo de tiempo es necesario registrarla en el formato como dato histórico de la vida útil del dron aunque no representaría costos para el puerto, en el siguiente año se puede ver que lo ideal es hacer mantenimientos cada 5 o 6 meses para conservar el buen funcionamiento del dispositivo y de cierta forma alargar su vida útil.

**5.6.2 Mantenimiento Correctivo De Los Drones**

Este tipo de mantenimiento se genera cuando se presenta algún evento con los drones que están en el servicio, se pueden presentar algunas deficiencias tecnológicas, golpes o accidentes que afecten la operatividad normal, en estos casos a diferencia del mantenimiento preventivo se debe solicitar de manera inmediata el mantenimiento necesario para que no se vea afectado el servicio, en estos casos será prudente realizar un estudio de lo ocurrido para identificar cual fue el origen de la falla, no solo para hallar posibles culpables si no para hacer un plan de contingencia para cada caso presentado.

## 5.7 PRESUPUESTO

Es importante conocer el presupuesto necesario para esta propuesta en el puerto de Buenaventura, en la tabla 20 se relacionan los valores y proyecciones de gastos que representaría el proyecto:

Tabla 23 Presupuesto inicial de uso de drones en el puerto de Buenaventura.

AÑO 2020		
CONCEPTO	VALOR	DETALLE
Compra de los drones (20)	\$ 159.999.980	20 drones a \$7.999.999 c/u
Honorarios	\$ 20.000.000	En asistencia de personal especializado ocasional que no pertenezca al puerto.
Capacitación del personal	\$ 15.000.000	Capacitación grupal en salón y en terreno.
Realización de pruebas piloto	\$ 15.000.000	al generar uso de drones y tiempo laboral
Adecuación de centro de control actual	\$ 40.000.000	se debe generar la compra de pantallas e instalación de software de los drones
Adecuación de la zona de descanso de los drones	\$ 15.000.000	Se genera adecuación del terreno estratégicamente señalado para los drones
Gastos administrativos	\$ 2.000.000	Gastos de papelería y demás servicios de índole administrativo.
Adecuaciones Físicas del puerto.	\$ 45.000.000	AL generar algunas nuevas señalizaciones
Nomina Fija	\$ 36.000.000	personal que ya trabaja en la modalidad actual de cámaras fijas.\$4.500.000 por 8 trabajadores
baterías y memorias	\$ 23.000.000	Se debe tener este material siempre de sobra ante cualquier eventualidad o error en el servidor de información.
instalación de red de wifi en las zonas de ejecución	\$ 35.000.000	Se debe instalar nuevos modem de wifi en puntos estratégicos del puerto
<b>Total</b>	<b>\$ 405.999.980</b>	

Fuente: El Autor.

En la tabla 23 se puede ver los valores iniciales del proyecto, son altos por el motivo de la compra de los drones y de las distintas adecuaciones que se deben hacer tanto en la cabina de control como en la zona de descanso y recarga de los drones, se debe tener en cuenta que el valor de la capacitación al personal es total porque nadie hasta el momento maneja este tipo de tecnología, sin embargo se puede decir

que estos valores no van a ser fijos para los siguientes periodos de tiempo, se puede ver un cambio positivo para el futuro.

Tabla 24 Presupuesto estimado para el 2021.

AÑO 2021		
CONCEPTO	VALOR	DETALLE
Gastos de mantenimiento preventivo de drones	\$ 7.200.000	\$120.000 por cada mantenimiento, cada uno de los 20 drones recibe 3 al año
Gastos de mantenimiento correctivo de drones	\$ 10.000.000	Se estima este valor ante cualquier eventualidad para arreglar a los drones.
Honorarios.	\$ 23.000.000	En asistencia de personal especializado ocasional que no pertenezca al puerto.
capacitación del nuevo personal	\$ 2.500.000	Únicamente para personal nuevo en el puerto y del área de control.
Nomina fija	\$ 38.400.000	personal que ya trabaja en la modalidad actual de cámaras fijas.\$4.800.000 por 8 trabajadores
Baterías y memorias	\$ 25.000.000	Se debe tener este material siempre de sobra ante cualquier eventualidad o error en el servidor de información.
<b>Total</b>	<b>\$ 106.100.000</b>	

Fuente: El Autor.

De acuerdo a la tabla 24 se puede evidenciar que en el primer año después de la implementación de los drones en el puerto de Buenaventura se puede ver un mayor rendimiento del dinero al no tener la necesidad de gastar en los costos iniciales, de igual manera se mantienen los valores operativos de personal y mantenimiento.

Tabla 25 Presupuesto estimado para el 2022.

<b>AÑO 2022</b>		
<b>CONCEPTO</b>	<b>VALOR</b>	<b>DETALLE</b>
Gastos de mantenimiento preventivo de drones	\$ 9.360.000	\$156.000 por cada mantenimiento, cada uno de los 20 drones recibe 3 al año
Gastos de mantenimiento correctivo de drones	\$ 13.000.000	Se estima este valor ante cualquier eventualidad para arreglar a los drones. (30% incremento)
Honorarios.	\$ 29.900.000	En asistencia de personal especializado ocasional que no pertenezca al puerto.(30% de incremento)
capacitación del nuevo personal	\$ 2.800.000	Únicamente para personal nuevo en el puerto y del área de control.
Nomina Fija	\$ 41.600.000	personal que ya trabaja en la modalidad actual de cámaras fijas.\$5.200.000 por 8 trabajadores
Baterías y memorias	\$ 27.000.000	Se debe tener este material siempre de sobra ante cualquier eventualidad o error en el servidor de información.
<b>Total</b>	<b>\$ 123.660.000</b>	

Fuente: El Autor.

En la tabla 24 se incrementan los valores con respecto al año anterior por el comportamiento normal de la economía del país, de igual forma se mantienen los valores operativos y de funcionamiento para el desarrollo del trabajo de los drones en sus labores diarias, se estiman valores similares.

Figura 28 Grafica comparativa del pronóstico de los años 2020, 2021 y 2022.



Fuente: El Autor.

Se puede evidenciar en la figura 28 el comportamiento del dinero en los tres años proyectados desde el momento de la implementación, la inversión inicial representa una gran salida de dinero para el puerto pero que después se puede ver beneficiado debido a que el pago anual para el siguiente año baja considerablemente debido a que ya no se tienen costos de implementación o adecuación del proceso, el comportamiento para los años siguientes se puede volver lineal debido a que se estima que los valores únicamente se van a ver afectados por la economía del país.

## CONCLUSIONES

El estado de la infraestructura y recurso tecnológico en el puerto de Buenaventura debe mejorar de manera constante debido a que el mercado cada vez es más exigente, no obstante, la terminal internacional de Manzanillo en Panamá es un claro referente en cuanto a la competitividad estructural y de maquinaria que posee, por lo tanto, vale la pena generar un plan estratégico que ayude al puerto nacional a ser más competitivo y reconocido en el mercado internacional.

El puerto de Buenaventura se caracteriza por ser un puerto multipropósito pero por resultados estadísticos se evidencia que el movimiento de contenedores representa más de la mitad de la operatividad del primer semestre del 2019, con lo anterior es bueno en generar la implementación de los drones como ayuda en el proceso de logística y en el incremento de la seguridad a los contenedores que entran y salen de esta terminal, puede llegar a ser un diferenciador y un punto a favor en la selección de la utilización de este lugar para nuevos clientes y afianzar los que ya se tienen.

En la realización de la selección del mejor modelo de dron para usar en la propuesta se presenta una de las más grandes dificultades y es el tiempo de autonomía que existe actualmente sobre este tipo de dispositivos, por lo tanto es importante tener esto en cuenta porque el nivel de operatividad del personal encargado de los drones puede llegar a ser alta aunque las mejoras en los procesos principales del puerto se pueden beneficiar de manera significativa y generar beneficios en los tiempos en el proceso de carga y descarga de contenedores.

La integración de tecnologías nuevas y avanzadas en el sector de los puertos marítimos puede posicionarse como una gran estrategia competitiva en el futuro debido a que es necesario equilibrar las ventajas que se derivan de este tipo de recursos como lo son los drones con las preocupaciones en materia de seguridad y mejoramiento logístico, lo anterior incide en la facilitación del comercio internacional, los costos posibles y las repercusiones tanto para el personal a bordo como el que trabaja en tierra.

Se puede considerar que el uso de drones puede llegar a ser revolucionario en el sector marítimo, la introducción de drones autónomos abriría la posibilidad de un mejor rendimiento en la inspección de entornos hostiles para el ser humano y un mejor rendimiento en los procesos y para el caso del puerto de Buenaventura puede ser algo significativo para su buen reconocimiento y funcionamiento.

La inversión inicial puede ser algo costosa pero se debe evaluar el desempeño del sistema para identificar si frente a los costos ahorrados suplen y garantizan un mejor rendimiento del proceso por la ayuda de los drones, de igual forma los puertos deben ser competitivos e innovadores tanto por los clientes como por ellos mismos.

## RECOMENDACIONES

Se puede generar un plan de prueba en el cual se identifiquen los momentos precisos en los cuales pueden entrar a trabajar los drones en el puerto de Buenaventura.

Se debe realizar una capacitación al personal que actualmente trabaja en el departamento de seguridad y logística para que puedan utilizar y aprovechar esta posible implementación de tecnología a los distintos procesos que se realizan en el puerto de Buenaventura.

La asignación de este tipo de tecnología debe ser complementaria a la que actualmente ya se está utilizando, el sistema de video que tiene cada una de las grúas de carga en el puerto debe seguir funcionando de la misma manera para cumplir con las actividades cotidianas del puerto.

Es importante contemplar algunos drones de reserva debido a que el lugar en el cual van a sobrevolar y la actividad que van a realizar puede ser de alto riesgo y se pueden dar algunas bajas durante la operatividad del día a día.

Una vez se tenga la propuesta en el proceso de implementación se debe hacer un estudio de tiempos y movimientos para generar un comparativo con el método actual y hacer algunos posibles cambios en el sistema para mejorar el proceso y sacar mejor rendimiento a los drones.

El proyecto tiene sus ventajas, pero también sus puntos en contra, como por ejemplo el tiempo de vuelo máximo que tiene a disposición cada uno de los drones, media hora puede llegar a ser muy poco tiempo funcional para las actividades que demanda el puerto de Buenaventura, por lo tanto, es algo que puede generar inconvenientes en el día a día al implementar esta propuesta.

## BIBLIOGRAFÍA

APLICACIÓN PARA MANEJO DE ANDROID DE SEGURIDAD- [en línea], Bogotá D.C, [citado en 12 de mayo de 2019]. Disponible en internet (<http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/21919/1/Tesis%20Drone.pdf>)

BOLETIN OFICIAL DEL ESTADO- Recuperando el 2015, el real decreto ley 8/2014, [en línea], Bogotá D.C [citado en 13 de mayo de 2019] Disponible en internet ([http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4243006/rdl\\_8\\_2014\\_4julio.pdf](http://www.seguridadaerea.gob.es/media/4243006/rdl_8_2014_4julio.pdf)).

CAMARA MARITIMA DE ECUADOR-La tecnología de drones revoluciona a puertos y terminales, [en línea], Bogotá D.C [citado en 13 de mayo de 2019] Disponible en internet (<http://www.camae.org/digitalizacion-2/la-tecnologia-de-drones-revoluciona-a-puertos-y-terminales/>).

CAMINS MARTA, 5 de los puertos más innovadores del mundo, [en línea], Bogotá D.C, [citado en 12 de mayo de 2019] Disponible en internet (<https://www.sociadaddelainnovacion.es/5-los-puertos-mas-innovadores-del-mundo/>).

¿CÓMO ES EL ALMACENAJE DE LOS CONTENEDORES? , [En línea], Bogotá D.C, [citado el 18 de octubre de 2019] Disponible en internet (<https://www.ceupe.com/blog/como-es-el-almacenaje-de-los-contenedores.html>).

DRONES MARINOS POR TIERRA, MAR Y AIRE [en línea], Bogotá D.C, [citado en 11 de mayo de 2019] Disponible en internet (<https://www.kaspersky.es/blog/maritime-drones-deployment/5825/>)

EL PUERTO DE ROTTERDAM MARCA UN NUEVO MÁXIMO EN 2018 CON 469 MILLONES DE TONELADAS, [en línea], Bogotá D.C, [citado en 4 de octubre de 2019] Disponible en internet (<http://elvigia.com/el-puerto-de-rotterdam-marca-un-nuevo-maximo-en-2018-con-469-millones-de-toneladas>)

GIORGIA TECH PANAMA, conceptos básicos [en línea], Bogotá D.C, [citado en 11 de Noviembre de 2019] disponible en internet (<https://logistics.gatech.pa/es/assets/seaports/concepts>).

GRUPO NW- Puerto marítimo de Buenaventura de gran importancia para el país [en línea], Bogotá D.C, [citado en 12 de mayo de 2019], Disponible en internet, (<https://www.logimov.com/blog/nwarticle/15/1/puerto-maritimo-buenaventura-gran-importancia-para-el-pais>).

MANZANILLO INTERNATIONAL TERMINAL-Nuestra historia [en línea], Bogotá D.C, [citado en 1 de octubre de 2019], Disponible en internet (<http://www.mitpan.com>).

MUNDO MARITIMO, INFORMACIÓN MARÍTIMA DE LATINOAMERICA- Maersk Tankers estudia potenciales usos de drones en la industria marítima [en línea], Bogotá D.C, [citado en 12 de mayo de 2019], Disponible en internet (<https://www.mundomaritimo.cl/noticias/maersk-tankers-estudia-potenciales-usos-de-drones-en-la-industria-maritima>).

OPERACIONES Y SERVICIOS PORTUARIOS NIVEL1- operaciones portuarias [en línea], Bogotá D.C, [citado en 12 de mayo de 2019], Disponible en internet ([http://www.apmarin.com/download/686\\_opsp1.pdf](http://www.apmarin.com/download/686_opsp1.pdf)).

Parnell, J. A. (2006) Generic estrategias after two decades: a reconceptualization of competitive strategy. Management decisión.

PEREZ GARCIA CAMILO, Buenaventura, Cartagena, Santa Marta y Barranquilla, los puertos claves del comercio exterior colombiano [en línea], Bogotá D.C, [citado en 13 de mayo de 2019], Disponible en internet (<https://revistadelogistica.com/transporte-ydistribucion/buenaventura-cartagena-santa-marta-y-barranquilla-los-puertos-claves-del-comercio-exterior-colombiano/>).

PROSERTEK-¿cómo funciona un puerto?, [En línea], Bogotá D.C, [citado en 12 de mayo de 2019], Disponible en internet (<https://prosertek.com/es/blog/como-funciona-un-puerto/>)

¿QUÉ ES LA CADENA DE SUMINISTRO Y CUALES SON SUS FUNCIONES? [En línea], Bogotá D.C, [citado en 12 de octubre de 2019], Disponible en internet (<http://mdc.org.co/que-es-la-cadena-de-suministro-y-cuales-son-sus-funciones/>).

RECOMENDACIONES PARA UNA CARGA SEGURA DE CONTENEDORES, [en línea], Bogotá D.C, [citado en 25 de agosto de 2019], Disponible en internet (<http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/16847-recomendaciones-una-carga-segura-contenedores>).

SEGURIDAD EN AMERICA- SEGURIDAD EN PUERTOS MARITIMOS [en línea], Bogotá D.C, [citado en 14 de mayo de 2019], Disponible en internet (<https://www.seguridadenamerica.com.mx/noticias/articulos/15096/seguridad-en-puertos-maritimos>)

SOCIEDAD PORTUARIA DE BUENAVENTURA-información corporativa [en línea], Bogotá D.C, [citado en 04 de octubre de 2019], Disponible en internet (<http://www.sprbun.com/web/portal/informacion-corporativa>).

SOCIEDAD PORTUARIA DE BUENAVENTURA-canal de acceso [en línea], Bogotá D.C, [citado en 04 de octubre de 2019], Disponible en internet (<http://www.sprbun.com/web/portal/informacion-corporativa>).

SUPERTRANSPORTE- PUERTOS MARITIMOS- MARITIMOS [en línea], Bogotá D.C, [citado en 7 de octubre de 2019], Disponible en internet ([https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos\\_09/2019-08-](https://www.supertransporte.gov.co/documentos/2019/Agosto/Puertos_09/2019-08-)).

Talley, W. K. (2005). An Economic Theory of the Port. Working Paper: Maritime Institute, Department of Economics Old Dominion University

TECNOLOGIA & INFORMATICA, ¿Qué es un dron? ¿Para qué sirve un dron? [En línea], Bogotá D.C, [citado en 11 de noviembre de 2019], Disponible en internet (<https://tecnologia-informatica.com/que-es-drone-para-que-sirve-comprar/>).

TERMINOLOGIA NAVAL I- DIMENSIONES DEL BARCO [en línea], Bogotá D.C, [citado en 7 de octubre de 2019], Disponible en internet (<https://sailandtrip.com/partes-del-barco-dimensiones/>).

Van Thal, V. & Grewal, D. (2005) An Analysis of the Efficiency and competitiveness of Vietnamese Port System. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 17, 3-31

VENTURA GROUP-Descripción y desempeño del Puerto de Buenaventura y su Terminal Multipropósito [en línea], Bogotá D.C, [citado en 14 de mayo de 2019], Disponible en internet (<http://www.venturagroup.com/descripcion-y-desempeno-del-puerto-de-buenaventura-y-su-terminal-multiproposito/>).

XAVIER DOMÈNECH FERNÁNDEZ -estudio de la viabilidad de un dron en la industria marítima [en línea], Bogotá D.C, [citado en 12 de mayo de 2019], Disponible en internet ([https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106325/113207\\_Estudio%20de%20la%20viabilidad%20de%20un%20Dron%20en%20la%20industria%20mar%C3%ADtima\\_Xavier%20Domenech%20Fernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/106325/113207_Estudio%20de%20la%20viabilidad%20de%20un%20Dron%20en%20la%20industria%20mar%C3%ADtima_Xavier%20Domenech%20Fernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)).

Yoo, Y., Boland, R. J., & Lyytinen, K. (2006). From Organization Design to Organization Designing. *Organization Science*.