



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO INGENIERÍA INDUSTRIAL**

# **“ANÁLISIS DE LA CONGESTIÓN CAMIONERA Y DE LOS BENEFICIOS ASOCIADOS AL INCORPORAR LA TECNOLOGÍA RFID EN ACCESOS AL PUERTO DE SAN ANTONIO”.**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN DE OPERACIONES.**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL.**

HERMAN ARIEL FERRADA SOTO

**PROFESOR GUÍA:**

RAFAEL DAVID EPSTEIN NUMHAUSER

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:**

RAFAEL DAVID EPSTEIN NUMHAUSER

FERNANDO ORDOÑEZ PIZARRO

ÁNGEL JIMÉNEZ MOLINA

SANTIAGO DE CHILE

2014

## Resumen

### RESUMEN DE LA TESIS PARA OPTAR AL

**TÍTULO DE:** Ingeniero Civil Industrial y Grado de Magíster en Gestión de Operaciones.

**POR:** Herman Ferrada Soto.

**FECHA:** Por definir.

**PROFESOR GUÍA:** Rafael David Epstein Numhauser.

## **“ANÁLISIS DE LA CONGESTIÓN CAMIONERA Y DE LOS BENEFICIOS ASOCIADOS AL INCORPORAR LA TECNOLOGÍA RFID EN ACCESOS AL PUERTO DE SAN ANTONIO”.**

El principal objetivo de este trabajo de tesis es estudiar la facultad de un sistema de “*Radio Frequency IDentification*” RFID, para resolver los problemas de congestión en los accesos a los terminales del Puerto de San Antonio. Actualmente se presentan problemas con grandes atochamiento que se generan en horarios de alta afluencia y se espera que esta situación empeore rápidamente con los años. Desde la mirada de la Empresa Portuaria de San Antonio (EPSA), quien es la empresa responsable de desarrollar la actividad marítimo-portuaria de la zona, se ha propuesto estudiar la factibilidad de esta tecnología para controlar los flujos que acceden al puerto con el fin de poder mitigar y distribuir los peak’s de llegadas durante el día. Esto permite disminuir la holgura que existe en los procesos de recepción de camiones en otros horarios. En la actualidad el puerto recibe cerca de 2700 camiones diariamente y el crecimiento de esta demanda será cercano a un 6-7%.

La propuesta RFID entrega la posibilidad de restringir los flujos de camiones que ingresan al puerto cuando éste presenta una condición de congestión en sus terminales de operación. Esta tecnología demuestra ser una solución efectiva y entrega una serie de beneficios disminuir en 5 veces los tiempos de los camiones en el sistema y en 9 veces el tamaño de las colas del terminal más importante del puerto. Estas mejoras sustanciales van acompañadas de otros beneficios como la capacidad de estudiar y controlar el sistema, entregar información histórica, prevenir situaciones de congestión, disminuir consumo de combustible, mejorar la competitividad del puerto junto con otros intangibles como mejorar la imagen de EPSA frente a la comunidad y mejorar la comunicación entre las empresas involucradas.

Los resultados obtenidos en este trabajo, asientan la efectividad de implementar la tecnología RFID para resolver los problemas de congestión previo al ingreso a los terminales y enfrentar el futuro a corto plazo del sistema. Es factible técnicamente su implementación y parte de sus beneficios han sido demostrados en esta instancia, cumpliendo de esta manera el objetivo de estudiar la facultad de la tecnología RFID de solucionar el problema de la congestión de la zona logística del puerto de San Antonio y concretizar sus beneficios.

# Agradecimientos

En esta gran oportunidad de ver el mundo después de haber recorrido este gran camino en la universidad, quiero dedicar esta tesis a:

## **Javiera Valdés Fuentealba:**

*Es quien, sin duda, ha sido la responsable de los mejores momentos de mi vida. Mi fiel compañera, que me ha acompañado en este camino rebozándolo de amor y alegría. Quiero agradecerle por lo que he logrado y lo que soy gracias a ella, me ha dado la mano en los momentos más difíciles y es con quien he podido concretar mis sueños hasta hoy. ¡Eres lo mejor que me ha pasado en la vida, Te amo mi porota y siempre lo haré!*

*Quiero agradecer la nueva familia a la que me has invitado a formar parte, mis queridos suegritos, cuñaditas, sobrinos y con-cuñados de quienes he recibido el cariño y la calidez en cada momento. Gracias por su alegría y amor. ¡Los quiero mucho!*

## **Eleazar Soto Soto:**

*Mi abuelo, digno de gran admiración. Añoro con gran emoción los años que compartimos y su recuerdo es una fuente inagotable de alegría y de inspiración para luchar y salir adelante, sin importar los obstáculos. Además quiero agradecer su cuidado hacia mí, incluso cuando no estaba. Su legado y su memoria, han contribuido a que hoy estoy trabajando para cumplir todos mis sueños. ¡Te quiero Abuelo y gracias por todo, siempre te recordaré!*

## **Mi madre y mis hermanos:**

*Retribuyo mi personalidad alegre y esa simpleza de ver la vida, a mi querida moms. Gracias por haber insistido y haber confiado siempre en mí, por haberme cuidado, alimentado y preocupado cuando era más pequeño. Le agradezco a la vida por mis grandes tesoros hasta ahora, mis hermanos: Laura María Olivia y Carlos Felipe; "La Posita" y "El Piti". Mis hermanos me dan una felicidad incluso en las situaciones más complicadas y cuando estoy con ellos siento que todos los problemas desaparecen. ¡Los amo y siempre los amaré, pase lo que pase!*

## **Mis amigos y compañeros:**

*Qué recuerdos y que gran etapa de mi vida, gracias a este gran grupo. El "Moreno" Garrido, "Pasturri" Lyon, Felipe "Sonriente" Goeppinger y Felipe "Gym Taimao" Henríquez, son parte importante de que hoy esté riéndome y cerrando esta gran etapa de mi vida. Gracias a todos ustedes en especial, los considero grandes y buenos amigos. Reconozco en ustedes la bondad y la solidaridad. Aprovecho esta instancia de decir que los quiero cabros y ¡espero seguir con ustedes por siempre!*

*También quiero saludar a todos aquellos con los que compartimos y disfrutamos: Abuelo Díaz, Panchito Barrientos, Seba Concha, Piscola Marín, El Chino Soto, Chaleco, Páis, Negro Palma, Alan, El Poke, Jugo Fredes, Pepe Barros, Cony Miranda, La lili, Benja Espinace, Totti Jadue, Jaramillo, a la sección 2 y a toda la generación industriales 2008. ¡Les deseo lo mejor!*

Agradezco también a todos quienes hicieron posible este desafío y no he nombrado: familiares, amigos, profesores, compañeros, colegas, las tías de los bazares, las tías de la U. ¡Muchas gracias!

# Tabla de Contenido

Resumen.....	I
Agradecimientos .....	II
Índice de Tablas.....	V
Índice de Figuras .....	V
Índice de Gráficas .....	VI
1. Introducción .....	1
1.1 Contexto .....	1
1.2 Objetivos generales.....	3
1.3 Objetivos específicos.....	3
1.4 Estructura de la Tesis .....	4
2. Descripción de La Empresa .....	5
2.1 Historia .....	5
2.2 Rol y Estrategia.....	5
2.3 Administración .....	7
2.4 Clientes y Operadores .....	8
2.5 Área de Influencia y Conectividad.....	9
2.6 Concesiones.....	9
3. Descripción del Problema y del Sistema .....	12
3.1 Antecedentes .....	12
3.2 Procesos y descripción del Sistema.....	13
3.2.1. Procesos Previos al Ingreso de los terminales .....	13
3.2.2. Proceso Terminal STI .....	14
3.2.3. Proceso Terminal PCE.....	15
3.2.4. Proceso Terminal Panul.....	16
3.3 Situación Actual.....	18
3.3.1. Llegada de Camiones.....	18
3.3.2. Visación .....	20
3.3.3. Indicadores.....	21
4. RFID .....	22
4.1 Definición .....	22
4.2 Funcionamiento .....	23
4.3 Aplicación al sistema .....	25

5.	Metodología .....	30
5.1	Definición del proyecto .....	30
5.2	Análisis de la situación actual.....	30
5.3	Rediseño de procesos .....	30
5.4	Factibilidad y Análisis Económico del Rediseño .....	31
5.5	Analogía de las Etapas Abordadas con el Procedimiento de un Proyecto RFID .....	31
6.	Desarrollo .....	33
6.1	Modelación.....	33
6.1.1	Supuestos: .....	33
6.1.2	Modelo de simulación .....	34
6.2	Validación .....	37
6.3	Políticas RFID .....	37
6.3.1	Restringir Peak's de Llegadas .....	37
6.3.2	Restringir No Visados .....	38
6.4	Pronóstico a Corto Plazo .....	39
7.	Resultados .....	42
7.1	Rendimiento de las políticas RFID .....	42
7.1.1	Política 1: Restringir flujo en Congestión .....	42
7.1.2	Política 2: Restringir flujo en Congestión y sin Visación.....	43
8.	Evaluación Económica .....	46
8.1	Descripción .....	46
8.2	Beneficios .....	47
8.2.1	Beneficios Política 1 RFID .....	48
8.2.2	Beneficios Política 2 RFID .....	48
8.3	Costos.....	49
8.3.1	Costos Política 1 RFID .....	50
8.3.2	Costos Política 2 RFID .....	51
9.	Conclusiones.....	52
10.	Bibliografía .....	55
	Referencias a Documentos: .....	55
	Referencias Electrónicas: .....	55
	Noticias:.....	57
11.	Anexos y apéndices .....	58
A.	Otras Concesiones.....	58

B. Antecedentes del Problema .....	59
C. Comunidad Logística de San Antonio (COLSA) .....	60
D. Metodología Realizada .....	61

## Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Directorio .....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla 2: Indicadores de los Procesos .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 3: Características de las Rutas .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 4: Ventajas y Desventajas de Sistemas RFID.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 5: Pronóstico a 5 años.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabla 6: Rendimiento Política 1 RFID - (Parte 1).....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 7: Rendimiento Política 1 RFID - (Parte2) .....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 8: Rendimiento Política 2 RFID.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 9: Comparación Políticas RFID .....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 10: Precios Sociales.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 11: Evaluación Económica Política 1 RFID .....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 12: VAN al 6% Política 1.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 13: Evaluación Económica política 2 RFID .....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 14: VAN al 6% Política 2.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 15: Costos Aproximados Política 1 RFID .....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 16: Costos Aproximados Política 2 RFID .....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 17: Concesiones Marítimas.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 18: Concesiones de Uso .....</i>	<i>58</i>

## Índice de Figuras

<i>Figura 1: Organigrama .....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2: Terminales.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3: Proceso STI .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4: Proceso STI (2) .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5: Ingreso Terminal Panul.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6: Parqueadero Norte.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 7: Comunicación RFID.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 8: Propuesta RFID en Carretera .....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9: Propuesta RFID en Sistema.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 10: Esquema Modelación PARTE 1 .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 11: Esquema Modelación PARTE 2 .....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 12: Congestión en San Antonio.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 13: COLSA .....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 14: Metodología Abordada .....</i>	<i>61</i>

# Índice de Gráficas

<i>Gráfica 1: Llegada de Camiones Según Hora del Día.....</i>	<i>18</i>
<i>Gráfica 2: Llegada de Camiones Según Día de la Semana.....</i>	<i>19</i>
<i>Gráfica 3: Llegada de Camiones Según Día de la Semana y Terminal.....</i>	<i>19</i>
<i>Gráfica 4: Histograma Tiempos Truck Center.....</i>	<i>20</i>
<i>Gráfica 5: Llegadas de Camiones STI.....</i>	<i>38</i>
<i>Gráfica 6: Crecimiento de Indicadores 2013 – 2018.....</i>	<i>40</i>
<i>Gráfica 7: Crecimiento de indicadores 2013 - 2018 (2).....</i>	<i>41</i>

# 1. Introducción

## 1.1 Contexto

El puerto de San Antonio es el más grande en nuestro país, mueve anualmente cerca de un millón de TEU's<sup>1</sup> y en él se realiza el 60% del comercio internacional con Argentina, por lo que es natural que presente grandes desafíos operacionales. Entre ellos, por ejemplo, recibe cerca de 2400 camiones diariamente dirigidos a los 3 terminales que operan en el puerto.

La empresa portuaria de San Antonio (EPSA), en este escenario opera como la autoridad marítima y tiene como objetivo facilitar el funcionamiento de los tres concesionarios: el terminal internacional (STI), puerto central (PCE) y puerto panul. Particularmente, tiene la responsabilidad de disponer de un área logística que permita una recepción eficiente y controlada del acceso y la documentación legal de los camiones, siendo un participante activo en este proceso. Es por esto que debe manejar la congestión de esta área, aumentar la competitividad, minimizar los tiempos de espera, evitar embotellamientos y realizarlo de la forma más eficaz y eficiente posible. Existe además otra preocupación que es la relación con la comunidad, por lo que se debe velar por los intereses de estos como mantener las vías despejadas, realizar proyectos de bajo impacto ambiental, entre otros.

La imagen de la logística portuaria se ha visto afectada en los últimos años, por las situaciones críticas que se han presentado en el acceso sur del puerto. Estos kilométricos tacs han sido cada vez más frecuentes y están afectando el normal tránsito de la ciudad en sus arterias de más flujo vehicular. La comunidad ha reaccionado en reiteradas ocasiones y este problema tiene como principal responsable a EPSA.

Esta empresa impulsó en septiembre del 2010 la creación de la Comunidad logística de San Antonio (COLSA), como una instancia permanente de diálogo entre los actores partícipes de los servicios marítimos, portuarios, logísticos y regulatorios en el puerto de San Antonio. Esta comunidad tiene como objetivo, comenzar a trabajar sobre problemas comunes e implantación de soluciones consensuadas, buscando óptimos globales más que locales y conformar una Comunidad Portuaria que sirva como un instrumento de facilitación para el desarrollo sustentable del puerto y su entorno económico, social y medioambiental. De esta forma, se pudo abordar el problema antes planteado, con la participación de todos los participantes, responsables y facilitadores para entregar soluciones eficaces.

---

<sup>1</sup> TEU's: Capacidad de carga de un contenedor normalizado de 20 pies (6,1 m), una caja metálica de tamaño estandarizado que puede ser transferido fácilmente entre diferentes formas de transporte tales como buques, trenes y camiones.



Una solución para descongestionar la zona logística afectada, fue cuando EPSA en el 2012 inaugura un área de respaldo la cual denominan “Truck Center”. Esta adaptación de la forma de operar de los puertos más importantes a nivel mundial como el Puerto de Santos en Sao Paulo Brasil, es una especie de “Benchmarking” que se ha vuelto una medida eficaz para resolver los antiguos problemas de congestión que se originaban en la carretera de la fruta, lo cual trajo grandes disputas con la comunidad y afectó de sobremanera la imagen del puerto ante la ciudad.

Existe incertidumbre sobre cómo este sistema va a responder ante un crecimiento agresivo de la capacidad del puerto y es que en la actualidad se está trabajando en numerosos proyectos de expansión. La empresa quiere estudiar los beneficios asociados a la implementación de un sistema de identificación vehicular RFID a través de pódicos en la carretera, para controlar el flujo y tomar medidas preventivas ante una situación de congestión, desviando los camiones al área de apoyo o programando su ingreso a otros horarios en situaciones de alta demanda y/u horarios de alta afluencia. Este sistema también pretende informar a ambas partes, antes de la llegada del camión, la situación de visación para anticipar los tiempos de atención y posible espera. Una idea a futuro es integrar a este sistema una interfaz web que permita acceder a la información en tiempo real del camión (en su defecto, la carga), y las condiciones de atención de los horarios de llegada con el fin de planificar más eficientemente la llegada de camiones al puerto.

Este proyecto por tanto, está orientado a estudiar los recursos y capacidades actuales del proceso de recepción de camiones antes del ingreso a los terminales, diagnosticar el rendimiento de la zona de apoyo logística del puerto ante el crecimiento proyectado del puerto y finalmente evaluar los beneficios de implementar un sistema identificador vehicular para el control de la congestión del puerto.

Considerando una metodología para un proyecto con la tecnología RFID, las siguientes etapas forman parte del alcance de este trabajo:

1) Fases Introductorias:

- i. Definición de los objetivos: Para definir con precisión el proyecto y el conjunto de actividades para coordinar.
- ii. Definición de los vínculos: Se identifican las zonas interesadas y los criterios de éxito del proyecto y empezar a reconocer la información técnica, social, legal y económica.

## 2) Fases Operativas:

- i. Análisis de procesos: Necesario para construir un mapa de las actividades actuales como un “As Is”<sup>2</sup>, construyendo una base sólida para la formulación de la propuesta y su validación en un “To Be”<sup>3</sup>.
- ii. Elección de la Tecnología: En esta fase se estudian las distintas alternativas comparando las tecnologías y sus aplicaciones para aportar a la solución. Sólo se trabaja en las variantes que pueden operar con la tecnología RFID, a petición de los objetivos propuestos de este trabajo por la empresa, pero se debe diversificar las alternativas y realizar pruebas con el fin de identificar la mejor solución.

### 1.2 Objetivos generales

La finalidad de este proyecto radica en evaluar el comportamiento a corto plazo de la congestión en los accesos a los terminales del puerto de San Antonio y estudiar los beneficios de implementar un sistema RFID a los transportistas, para llevar un control de los accesos. Estos objetivos están orientados a controlar y disminuir la congestión de la zona logística.

### 1.3 Objetivos específicos

A continuación se presentan de una forma más detallada, el alcance de este trabajo:

- Estudiar el sistema y su comportamiento en 5 años: Esto incluye investigar sobre qué condiciones deberán enfrentar los terminales, analizando la congestión vial y el crecimiento del puerto.
- Realizar una propuesta que considere la implementación de un sistema RFID, basado en tags, para controlar, restringir y estudiar los accesos al puerto, además de evaluar los beneficios que este procedimiento aportará al sistema.
- Analizar los indicadores de cada política en contraste con la situación actual a 5 años, además de incluir distintos escenarios posibles, en relación al crecimiento del medio.
- Desarrollar políticas de decisión, gracias a la flexibilidad y control que otorga la propuesta antes mencionada. Las políticas se centrarán en prohibir el acceso a aquellos transportistas que no cumplan ciertas condiciones y de reagendar su llegada en caso de que exista una situación de congestión. Además se definirá esta situación.

---

<sup>2</sup> **As Is:** Término para referirse a una situación con las características tal cual a la actualidad.

<sup>3</sup> **To Be:** Término para referirse a una situación deseada o modificada según una propuesta de rediseño.

- Entregar un esquema de la comunicación de los pódicos RFID, además de un prototipo que incluya la visualización de la información, las decisiones posibles por realizar y el alcance que tendrá el software necesario para operar un sistema como este.

#### 1.4 Estructura de la Tesis

Para presentar esta tesis se ha dispuesto de la siguiente estructura de presentación de la información:

- 1) **Descripción de la empresa:** Para poder contextualizar la posición y demostrar la alineación de los objetivos del proyecto con la estratégica de la empresa.
- 2) **Descripción del problema y del sistema:** Se presentan los hechos y los antecedentes del problema junto con especificar el funcionamiento del sistema y sus participantes.
- 3) **RFID:** En esta sección se introduce y explica la tecnología RFID, su forma de comunicación y de operación además de cómo se aplica al sistema.
- 4) **Metodología:** Este capítulo detalla el procedimiento y la estructura de las actividades realizadas en este proyecto.
- 5) **Desarrollo:** Se presenta la modelación realizada, las soluciones propuestas y se despliega el diagnóstico realizado a la situación actual del sistema.
- 6) **Resultados:** Los rendimientos de las políticas RFID o propuesta de solución se comparan para empezar a considerar las distintas variables para la elección de la solución más adecuada a este problema.
- 7) **Evaluación Económica:** Se estiman y describen los beneficios en relación a los distintos costos involucrados, en una primera aproximación a la evaluación de esta propuesta.
- 8) **Conclusiones del proyecto realizado.**

## 2. Descripción de La Empresa

La descripción de la empresa, está orientada en dar a conocer los objetivos de ésta y entregar la posición estratégica que afronta. De esta forma el problema se contextualizará desde la posición de la empresa. Adicionalmente se caracteriza la relación que EPSA propone instaurar con la comunidad, considerada como un área de interés fundamental en la concepción de proyectos a largo plazo.

### 2.1 Historia

La Empresa Portuaria de San Antonio (EPSA) es una entidad autónoma del estado, es decir, que utiliza sus propios medios y recursos para su desarrollo, derivados de su crecimiento económico. Fue creada en diciembre de 1997, con la tarea de modernizar el sector portuario estatal, en calidad de continuadora legal de la empresa Portuaria de Chile (EMPORCHI). La empresa inició sus actividades el día 31 de enero de 1998 y el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones completó la designación del primer directorio. Esta empresa posee como único propietario al estado de Chile y no participa en la propiedad de otras empresas filiales ni coligadas. Posee patrimonio propio, su duración es indefinida y se relaciona con el Gobierno de Chile mediante el Ministerio antes mencionado.

EPSA está facultada para la administración, explotación, conservación y desarrollo de la actividad marítimo-portuaria de San Antonio, a través de terceros por medio del otorgamiento de concesiones portuarias, la celebración de contratos de arrendamiento o mediante la constitución de sociedades anónima con personas naturales o jurídicas, chilenas o extranjeras. Sus áreas de negocio corresponden a concesiones, licitaciones y servicios portuarios. En efecto, la empresa puede efectuar todo tipo de estudios, proyectos y ejecución de obras de construcción, ampliación, mejoramiento conservación, reparación y dragado<sup>4</sup> en el Puerto de San Antonio. Asimismo, puede prestar servicios a terceros relacionados con su objeto.

### 2.2 Rol y Estrategia

- **Rol:** EPSA ejercer el rol de una Autoridad Portuaria, desde donde debe gestionar el desarrollo de la actividad, la modernidad y una mejor calidad de vida al entorno del Puerto de San Antonio, enfocándose principalmente en la ciudad y sus habitantes, cumpliendo sus exigencias y procurando un desarrollo sustentable. La relación Ciudad-

---

<sup>4</sup> **Dragado:** Operación de limpieza de los sedimentos en cursos de agua, lagos, bahías, accesos a puertos para aumentar la profundidad de un canal navegable o de un río con el fin de aumentar la capacidad de transporte de agua.

Puerto es una de las prioridades que siempre se considera en cada uno de sus proyectos y sus objetivos.

Ahora desde una perspectiva más interna, la empresa declara que con su estrategia busca ser un empresa eficiente, que cuida la relación puerto y comunidad, que fomenta y dirige el desarrollo del puerto, coordina a los actores del sistema portuario COLSA y fiscaliza y controla contratos, concesiones, prestación de servicios y la relación con COMEX<sup>5</sup>.

- **Misión:** *“Promover el desarrollo armónico y sustentable del puerto, impulsando nuevos proyectos de infraestructura e innovación en logística, de modo de aumentar la competitividad y la confianza a nuestros clientes junto con desarrollar un sistema armónico con las comunidades”.*
- **Visión:** *“Consolidar al Puerto de San Antonio como centro logística, innovador, eficiente, seguro y medio ambiental socialmente responsable, que le permita constituirse en el mayor puerto de Chile y de la costa oeste de Sudamérica en el siglo XXI”.*
- **Plan Estratégico:** La principal arista de la estrategia de EPSA es atender a sus clientes de comercio exterior. La posición como Autoridad Portuaria actualmente está orientada a consolidar dos sectores: El puerto de San Antonio, con sus 9 sitios de atraque, y el futuro del sector sur, el cual no ha sido explotado en su totalidad y es foco de numerosos proyectos en el futuro. Los ejes estratégicos de acción son los siguientes:
  - Gestión empresarial de excelencia técnica y económica: Creando un Plan Maestro que responda todas las necesidades de los sectores de interés.
  - Nuevos negocios: Los proyectos de largo plazo deben estar apegados a las normativas ambientales y territoriales, de modo que sean sustentables social y ambientalmente.
  - Integración ciudad: Realizando programas y proyectos que refuercen el vínculo entre el puerto y la ciudad.

---

<sup>5</sup> COMEX: Siglas para referirse a comercio exterior.

## 2.3 Administración

El directorio de la empresa está compuesto por:

Nombre	Cargo	Profesión
<b>Francisco Silva Donoso</b>	Presidente	Ingeniero Civil
<b>Franco Brzovic González</b>	Vicepresidente	Abogado y Magíster en Derecho
<b>Ramón González Labbé</b>	Director	Constructor Civil
<b>Esteban Carrasco Zambrano</b>	Director	Ingeniero Comercial y Magíster en Economía
<b>Gonzalo Sanhueza Dueñas</b>	Director	Economista, Master y Ph.D en Economía
<b>Luis Astorga Catalán</b>	Director Representante de los Trabajadores	Ingeniero Ejecución en Mecánica y Ejecución en Administración de Empresa

Tabla 1: Directorio

La estructura organizacional de la empresa es la siguiente:

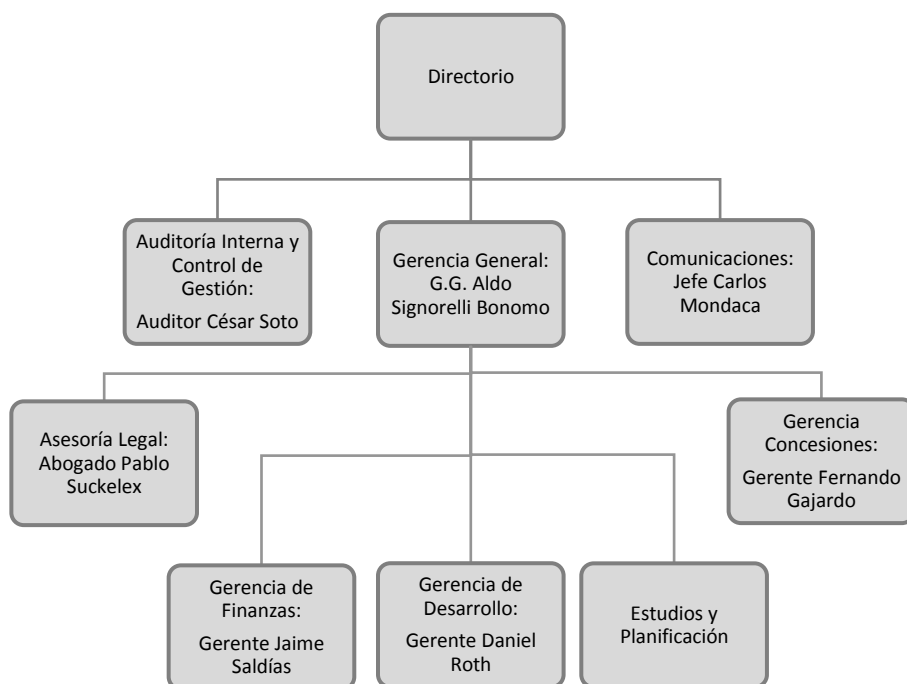


Figura 1: Organigrama

## 2.4 Clientes y Operadores

Los clientes se caracterizan como aquellos que escogen el puerto de San Antonio como su puerto de operación, es decir, los transportistas navieros (o líneas navieras). Entre las navieras más importantes que realizan recaladas frecuentes en los terminales, destacan *Maersk*, *CSAV*, *CCNI*, *Maruba*, *MSC* y *Evergreen*. Estas últimas realizan servicios regulares de tráfico de cargas de tipo importación, exportación, cabotaje<sup>6</sup> y transbordos que requieren de transporte marítimo para su comercialización internacional y nacional.

Los operadores que constituyen la oferta de instalaciones, servicios operativos y administrativos portuarios, corresponden a los siguientes participantes:

- Concesionarios: Marítimos, Portuarios y de Uso.
- Transporte vial y ferroviario.
- Recintos extraportuarios y depósitos.
- Proveedores de Naves.
- Empresas de muellaje: Se ocupan integralmente de la transferencia de carga entre la nave y el puerto.
- Agencias de naves: Representan a las líneas navieras para todos los fines y también atienden a las naves de su línea en sus requerimientos de provisiones, combustibles e información.
- Agentes de aduana: Persona jurídica encargada de la tramitación documentaria aduanera. Persona autorizada por la aduana o habilitada ante ésta por la autoridad competente, para despachar mercaderías por cuenta ajena. También llamado Agente Aduanal o Aduanero, Despachante de Aduana, Corredor Aduanero.
- Forwarders: Persona natural o jurídica, chilena o extranjera, que por cuenta del consignante o consignatario de la mercancía y contra el pago de una remuneración, gestiona las operaciones de carga o descarga en el embarque o desembarque internacional de la misma.

Entre los organismos fiscalizadores presentes está el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), Policía de Investigaciones de Chile, la Dirección Regional de Territorio Marítimo, el Servicio Nacional de Aduanas, el Ministerio de Salud y Carabineros de Chile. Muchos de estos presentes, mediante sus representantes o asignados a la ciudad de San Antonio.

---

<sup>6</sup> **Cabotaje:** Transporte marítimo con destino en el mismo país.

## 2.5 Área de Influencia y Conectividad

La zona de influencia del puerto, se extiende desde la cuarta hasta la séptima región. Actualmente el 60% de comercio internacional marítimo, con Argentina se realiza por San Antonio. El puerto tiene conexiones ferroviarias a cada terminal del puerto de San Antonio y conexiones viales a través de un nuevo acceso, concretado el 2011, que une la autopista del sol (Ruta 78), con el puerto y también mediante una conexión con la zona centro sur mediante la ruta 66 o ruta de la fruta.

## 2.6 Concesiones

El siguiente mapa indica cómo se sitúan los terminales Concesionados y en que sitios de atraque operan:



Figura 2: Terminales



La empresa debe fiscalizar y controlar distintos tipos de contratos de concesión, entre ellos concesiones marítimas, portuarias y de uso. Para efectos de esta tesis, sólo se describen las concesiones portuarias, sin embargo en anexos se encuentran un detalle de las principales concesiones que EPSA maneja, en la sección Otras Concesiones. Las concesiones portuarias, son aquellas que usufructúan de los terminales del puerto. Los terminales son agrupaciones de sitios de atraque conjuntos.

#### 1) San Antonio Terminal Internacional S.A. (STI):

Es el terminal portuario más moderno y eficiente de Sudamérica. Opera la concesión del Frente de Atraque Molo Sur del Puerto San Antonio (sitios de atraque 1,2 y 3). Cuenta con la mayor dotación de grúas Gantry<sup>7</sup> del país y de la costa oeste de Sudamérica. Este equipamiento, junto con los altísimos niveles de eficiencia que logran sus operaciones, contribuyen a posicionarse como el terminal de mayores rendimientos en transferencia de contenedores en esta parte del continente.

Cuenta con un sistema de visación electrónica, pionero en el país, que disminuye considerablemente los tiempos de espera y fomenta una mejor coordinación entre los usuarios y el terminal. De esta manera, la documentación tanto para la importación como la exportación se tramita de forma anticipada, agilizando la atención, minimizando la transacción de papeles, reduciendo los costos del proceso y fomentando la competitividad en el rubro del comercio exterior. Además dispone del área de respaldo más grande de la V Región y de amplios terrenos para futuras expansiones. Es el terminal con mayor calado<sup>8</sup> autorizado de la zona central del país (13,5 metros) lo que los habilita para atender naves Post-Panamax<sup>9</sup> sin restricciones.

#### 2) Puerto Central S.A. (PCE):

Este concesionario opera en los sitios 4, 5, 6 y 7 del puerto, denominados como Frente de Atraque Costanera Espigón. Posee la concesión desde noviembre del 2011 y está llevando un plan de inversiones para la mejora y construcción de nueva infraestructura, lo que complementa con los sistemas de información y tecnologías de vanguardias, apoyado de personal capacitado para lograr altos estándares de productividad y seguridad.

---

<sup>7</sup> **Grúas Gantry:** pueden levantar hasta 100 toneladas bajo el gancho de carga y el alcance de pluma es hasta 52 metros.

<sup>8</sup> **Calado de un barco:** Distancia vertical entre un punto de la línea de flotación y la línea base.

<sup>9</sup> **Post-Panamax:** Término utilizado para denominar a buques de mayor tamaño que los Panamax, es decir, que no pueden utilizar el actual Canal de Panamá, por ejemplo aquellos que tienen una profundidad mayor a 12 metros.

La concesión tiene vigencia hasta el 6 de noviembre del 2031. Este terminal se caracteriza por la transferencia de cargas fraccionadas<sup>10</sup>, graneles<sup>11</sup> sólidos y contenedorizada.

Durante el 2012, Puerto Central realizó inversiones para reforzar de los sitios 4 y 5, concretó el dragado a cota 12,5 metros, adquirió grúas móviles y finalmente aumentó la capacidad de operación de un 30%. Toda esta inversión está avaluada en MM US\$ 29. Actualmente se está trabajando en la primera etapa del proyecto obligatorio de inversión destacando obras como la construcción de 350 metros de frente de atraque, un nuevo dragado hasta 15 metros, la modificación de la protección del Espigón, la adquisición de grúas Gantry Cranes y RTG, para aumentar la capacidad hasta 450.000 teus/año. La Inversión estimada asciende a MMUS\$ 176.

### 3) Puerto Panul S.A. :

Este terminal realiza sus faenas en el sitio 8 y es el mayor operador de graneles sólidos de Puerto San Antonio. Su principal área de negocios es explotar el frente de atraque, en donde se prestan los servicios de muellaje, transferencia de carga y otros servicios propios e inherentes a la actividad portuaria. Su sitio de atraque tiene un calado aproximado de 38 pies, donde las naves graneleras son atendidas por una grúa tipo pala mecánica Level Luffing que puede descargar 700 toneladas por hora. El terminal transfiere específicamente productos agrícolas de importación, donde destacan el trigo, el maíz y la soya en sus distintos formatos.

El inicio de la concesión fue el 1 de enero de 2000 y ya en el año 2001 concreta una inversión cercana a los 9 millones de dólares para la modernización del Frente de Atraque, destacando la adquisición de una nueva grúa de descarga, la instalación de un nuevo sistema de correas transportadoras, la construcción de un edificio de carguío y la implementación de una serie de mejoras en infraestructura marítima y terrestre, cuyo objetivo principal fue modernizar el terminal según los más altos estándares de tecnología y seguridad.

Desde el año 2000 a la fecha, Puerto Panul ha atendido en promedio el 80% de la demanda de servicios portuarios requeridos en el Puerto de San Antonio. El terminal transfirió en el año 2010 cerca de un millón ochocientos mil toneladas, situando a Puerto San Antonio como el N°1 en transferencia de graneles sólidos en Chile, lo que lo sitúa como el mayor operador de graneles sólidos de Puerto San Antonio.

---

<sup>10</sup> **Carga Fraccionada:** Consiste en bienes sueltos o individuales como: paquetes, sacos y cajas, entre otros.

<sup>11</sup> **Carga a Granel:** Es el conjunto de productos que son transportados a grandes cantidades, cuyo único recipiente es el vehículo de transporte. Esta carga es usualmente depositada o vertida con una pala en ferrocarriles, camiones o buques.

## 3. Descripción del Problema y del Sistema

### 3.1 Antecedentes

San Antonio hace ya varios años viene intentando contrarrestar las congestiones vehiculares que se generan en el acceso al puerto. Esta situación se presenta en menor intensidad y de forma recurrente en los días hábiles, pero se torna crítica en la temporada de la fruta (meses de marzo y comienzos de abril), en donde existe un gran incremento de las operaciones de los terminales STI y PCE. Este atochamiento se produce por las demoras en la visación de las cargas que no están regularizadas con anterioridad al ingreso al terminal y por la llegada de los camiones, la cual se caracteriza por ser muy variable, con grandes peak's de llegada que superan la capacidad de atención máxima de los terminales.

En la carretera Nuevo Acceso Sur existen registros de tacos que se extienden hasta una longitud de 17 km, la cual dispone de tres vías por sentido, cruza con la ruta 78 y con Av. Barros Luco, una de las principales arterias de la zona costera. Esta situación requiere de un trabajo conjunto de EPSA y la municipalidad para resolverse, pero EPSA debe tomar una posición activa en la solución de este problema. EPSA, en conjunto con los terminales y COLSA, han realizado numerosas medidas de contingencia y proyectos con el fin de solucionar este problema a corto y largo plazo, para erradicar esta situación en el futuro. En la sección "Antecedentes del Problema" de anexos se disponen de imágenes de los atochamientos del presente año en la temporada de la fruta.

La comunidad de San Antonio, ha manifestado grandes molestias a través de la prensa local y de manifestaciones, incluso alegatos han culminado con la toma de las vías de acceso al puerto, barricadas y fogatas ilegales. Los reiterados atochamiento son un problema latente, que afecta principalmente a las vías de mayor afluencia de la zona, en los horarios más conflictivos y se datan registros de que han interferido el tránsito normal por más de 24 hrs.

Ente las últimas medidas que se han concretado, destaca la construcción de un Truck Center, que corresponde a una zona de estacionamiento de apoyo. Esta área fue designada para alojar a transportistas que están a la espera de ser ingresados en su terminal destino y para que regularicen la documentación de la carga en caso de que esta esté incompleta o no autorizada. Esta zona ha disminuido considerablemente los tiempos de espera y el tamaño de los tacos, pero el problema aún sigue estando presente y crece con el desarrollo del puerto. El Gerente de Desarrollo de EPSA, Daniel Roth estipula: "La existencia de un área de estacionamiento con servicios y seguridad, facilita que el chofer llegue al Puerto sólo al momento de transferir su carga y no antes. Lo anterior, da como resultado un incremento de la fluidez en el acceso a los terminales y un menor impacto en las actividades de la ciudad". Desde su puesta en funcionamiento, el Nodo Logístico (o Truck Center), ha mostrado resultados positivos.

Actualmente, atiende alrededor de 1.000 camiones diarios y ha reducido los tiempos de espera promedio en más de un 50%. Alrededor de un 20% de los conductores se detiene aquí diariamente a la espera de finalizar sus trámites, y otro 20% accede al estacionamiento esperando su turno para ingresar al puerto.

También está presente la nueva visación electrónica, implementada por el terminal STI, con el objetivo de que no arriben transportistas con problemas de visación de su carga, pero aún no posee una penetración importante. Por último, cabe mencionar la implementación de un sistema de Booking o agendación de carga, con el propósito de distribuir de una forma más eficiente la llegada de los camiones a los terminales y de esta forma eliminar los peak's de demanda, aplanando el perfil del arribo de camiones a la zona.

Este proyecto está supervisado por EPSA y busca evaluar una eventual disminución de los problemas antes observados. Principalmente propone cómo disminuir las colas observadas y pronosticar los posibles escenarios que este sistema presentará en un corto plazo.

## 3.2 Procesos y descripción del Sistema

### 3.2.1. Procesos Previos al Ingreso de los terminales

Diariamente llegan aproximadamente 2700 camiones al puerto de San Antonio, a través del acceso sur del puerto, provenientes de la ruta 78 y la ruta 66. Una vez que acceden por esta vía, se ingresa a una rotonda, en donde, según el terminal de destino se desvían por 5 rutas distintas:

- **Ruta 1:** Camiones acceden directamente al terminal internacional STI.
- **Ruta 2:** Son camiones con problemas de documentación en la visación de la carga, con destino a STI, que antes de dirigirse al terminal, deben pasar a través de una zona de aparcamiento el "Truck Center", donde pueden además regularizar la visación.
- **Ruta 3:** Luego de la rotonda, los camiones ingresan inmediatamente al terminal Puerto Central PCE.
- **Ruta 4:** Camiones se dirigen directamente al terminal PANUL, o a una zona de aparcamiento en el norte del puerto, mientras esperan su ingreso al terminal.

### 3.2.2. Proceso Terminal STI

- 1) Los camiones que tienen como destino este terminal, llegan desde la carretera de la fruta hasta un primer control que es la rotonda.
- 2) Los camiones que no están visados, en la rotonda son desviados hacia el Truck center en donde pueden regularizar esta situación. Una vez superado este control, los camiones acceden a los Gate's del terminal STI.
- 3) En lo Gate's del terminal se verificar mediante un "dispositivo pareador", el cual verifica la documentación, la situación de visación, el estado del contenedor, entre otras cosas. Ante cualquier contratiempo el camión se retira de este proceso.
- 4) Una vez superado, se verifica si el camión fue seleccionado para aforo. Este último proceso, corresponde a revisar físicamente el interior del contenedor con la presencia de un fiscal de aduana. El 5% de los contenedores deben pasar por este proceso. Por otro lado, si la carga es de origen vegetal o animal pasa inmediatamente a ser revisado a la zona del SAG.
- 5) Finalmente los camiones son asignados a un patio de carga/descarga para su último proceso.

Las siguientes imágenes se muestran donde se sitúan los procesos antes descritos:

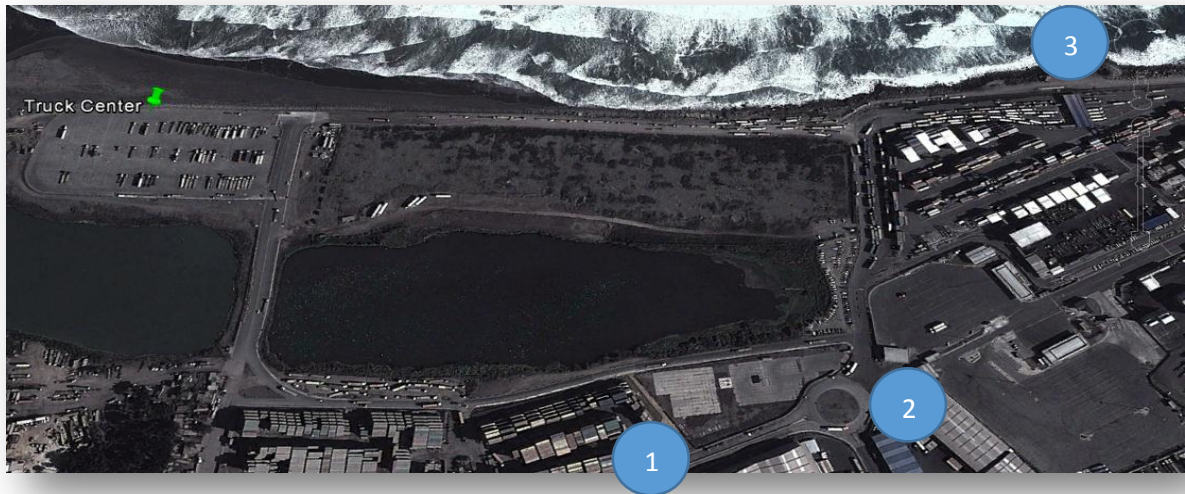


Figura 3: Proceso STI

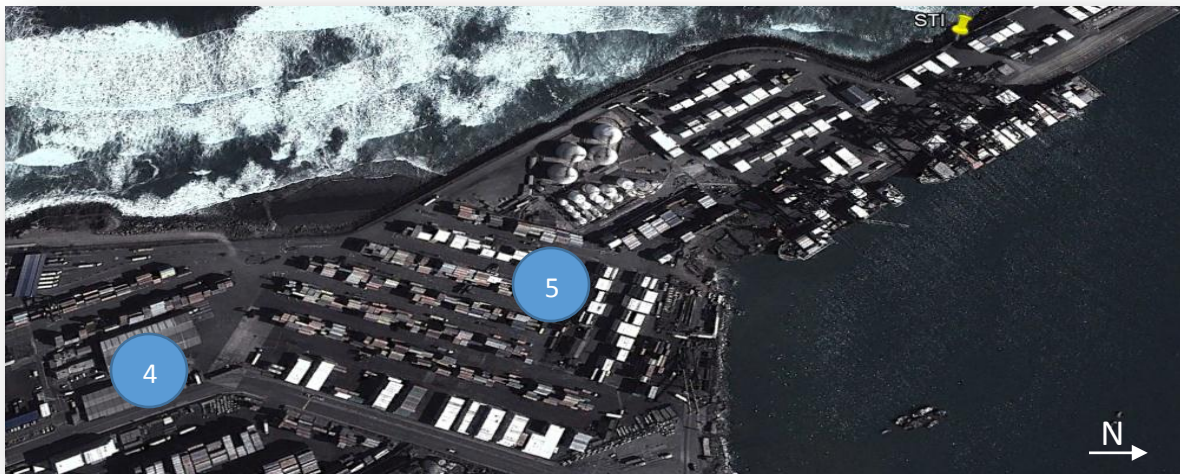


Figura 4: Proceso STI (2)

### 3.2.3. Proceso Terminal PCE

Los camiones ingresan por los gate's de recepción ubicados en la calle Pablo Neruda, frente a la rotonda que está al final del Nuevo Acceso Sur. El proceso se caracteriza por ser bastante similar para todo tipo de carga, la cual toda es de importación.

El transportista crea una solicitud de ingreso, destinada al área de seguridad del terminal y que permite pasar por el primer control. Los turnos para ingresar a este terminal son notificados al transportista por su cliente, quien recibe a su vez la programación de los turnos del atraque del barco.

El camión ingresa a la romana<sup>12</sup> de PCE ubicada en la mitad del trayecto entre el gate y el sitio de atraque, donde se controla que la carga entregada sea la misma que la que está manifestada y que la carga internada coincida (Se maneja una tolerancia de error entre un 4% a un 10%). En este lugar físico hay un representante del cliente, quien junto con un agente de aduana, emiten una guía de despacho e indican el propósito del camión que va a entrar, a que bodega va a acceder y con qué documento. Seguido de esto el camión se destara<sup>13</sup> con una orden, ingresa a cargar y luego se retira con un ticket de romana que permite la salida del transportista.

El SAG<sup>14</sup> opera directamente cuando se destara la carga, luego se pide una solicitud de Pre-Desestiba que lo presenta el terminal y de esta forma el SAG va físicamente, (la mayoría de las veces), hasta la zona de atracado previo a la descarga en general, por lo tanto no se revisa cada camión particularmente. En términos más simple PCE “Romanea”, donde se revisa que la carga declarada en la documentación, sea efectivamente la entregada. Este proceso corresponde precisamente a la carga de tipo granel, pero para los vehículos y la carga fraccionada se opera de forma muy similar, diferenciándose sólo en el espacio físico a ocupar.

#### 3.2.4. Proceso Terminal Panul

Este proceso inicia con el arribo de los camiones al parqueadero norte, desde el Nuevo Acceso Sur, siguiendo la ruta descrita a continuación:

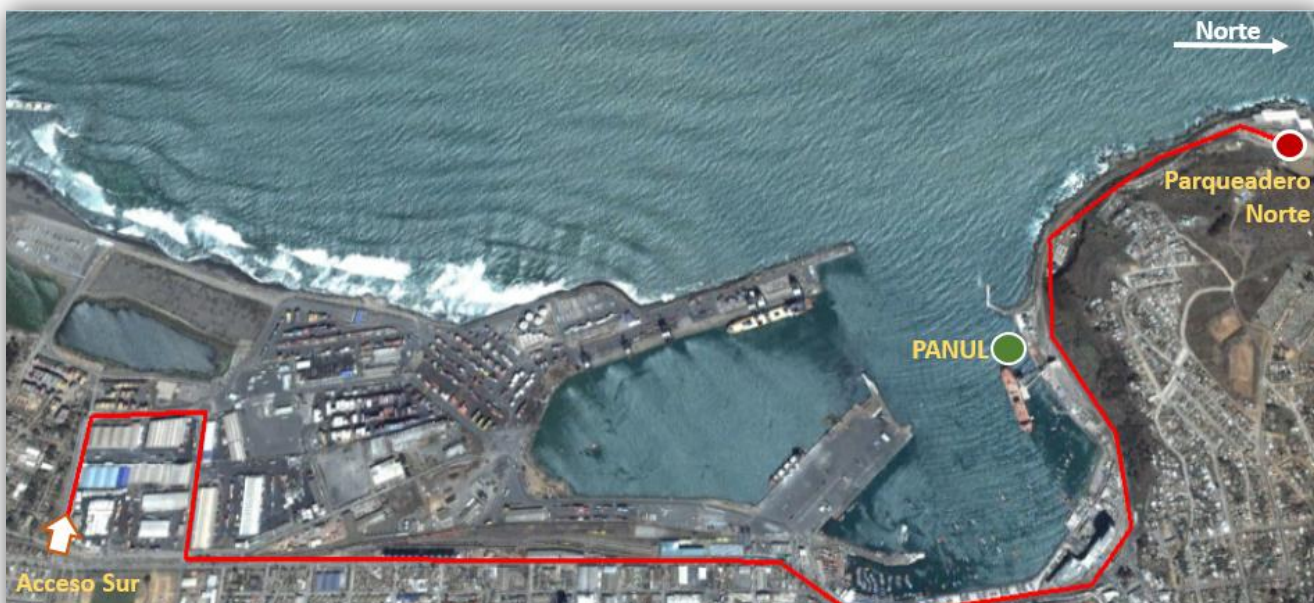


Figura 5: Ingreso Terminal Panul

<sup>12</sup> **Romana:** Zona de pesaje, carga y/o descarga de camiones, también utilizada en para fiscalizaciones de Aduana de Chile.

<sup>13</sup> **Destara o Tara:** Actividad exclusiva al pesaje neto, total y de la carga en un camión.

<sup>14</sup> **SAG:** Servicio Agrónomo y Ganadero.



Figura 6: Parqueadero Norte

- Una vez que los camiones arriban al parqueadero, un vigilante de Panul certifica que tenga una orden de carga para el ingreso al terminal y de que el camión este listado en los registros del terminal.
- Cuando el camión ingresan por el primer control del terminal, el destare, se ingresa la orden de carga que mediante un código de barras, a un programa que está comunicado con una Agencia de Aduana<sup>15</sup> y con Graneles de Chile S.A.<sup>16</sup>. Luego de comprobar la información, se procede a la tara del camión.
- Inmediatamente el camión asiste a la romana asignada, en donde se realiza la carga del producto, previa a una autorización y se termina su turno con el pesaje bruto del camión. Los camiones en promedio, cargan hasta 45 toneladas. Finalizando este proceso se emite una guía de despacho de carga que contiene la información de los pesajes e información interna de carga, junto con una orden de salida de mercadería con el manifiesto de carga y otra información de importancia para Aduana, ambos documentos se encuentra en anexos de este informe.
- Por último, el transportista abandona las romanas y concurre al último control, en donde se autoriza la salida cuando se revisa la guía de despacho que posee el transportista, se

<sup>15</sup> **Agencia de aduana:** Función pública aduanera, cuya licencia lo habilita ante el Servicio Nacional de Aduanas para prestar servicios a terceros como gestor en el despacho de mercancías

<sup>16</sup> **Graneles de Chile S.A.:** Empresa perteneciente a la industria de la nutrición animal y la industria alimenticia.



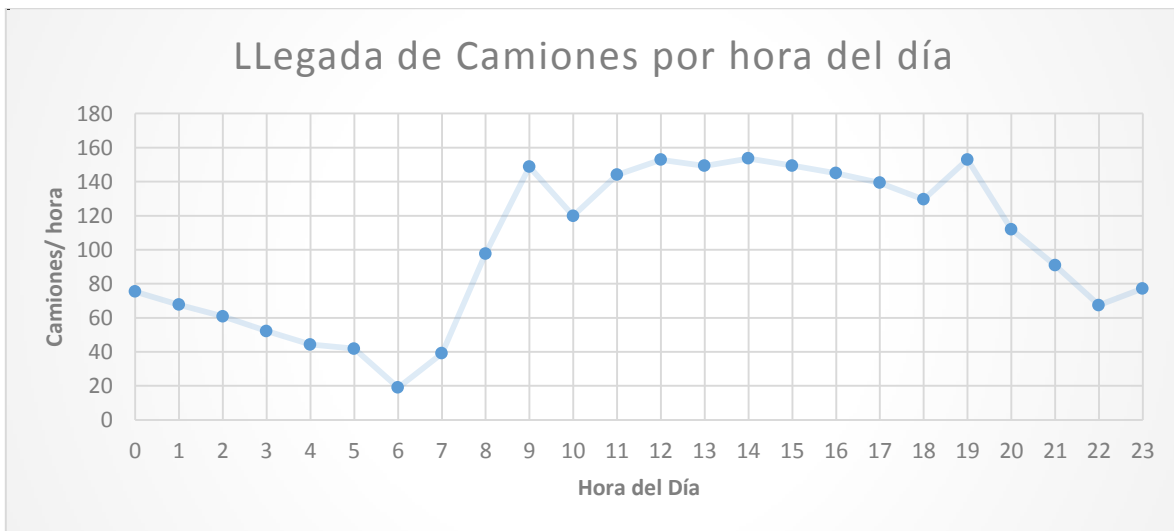
verifica que ha cumplido con el proceso de carga y que el pesaje del camión está dentro de las normas de tránsito, aunque en esta última situación sólo se informa al transportista, relevando la responsabilidad ante incumplimientos al conductor. En promedio un camión esta 15 minutos en el terminal.

\* **Fuente:** Juan Ortega, Coordinador de Operaciones Panul.

### 3.3 Situación Actual

#### 3.3.1. Llegada de Camiones

Según los datos del mes de Julio, el puerto recibe diariamente cerca de 2400 camiones diariamente entre sus 3 terminales. La siguiente gráfica muestra cuantos camiones por hora ingresan a algún terminal, según la hora del día:



Gráfica 1: Llegada de Camiones Según Hora del Día

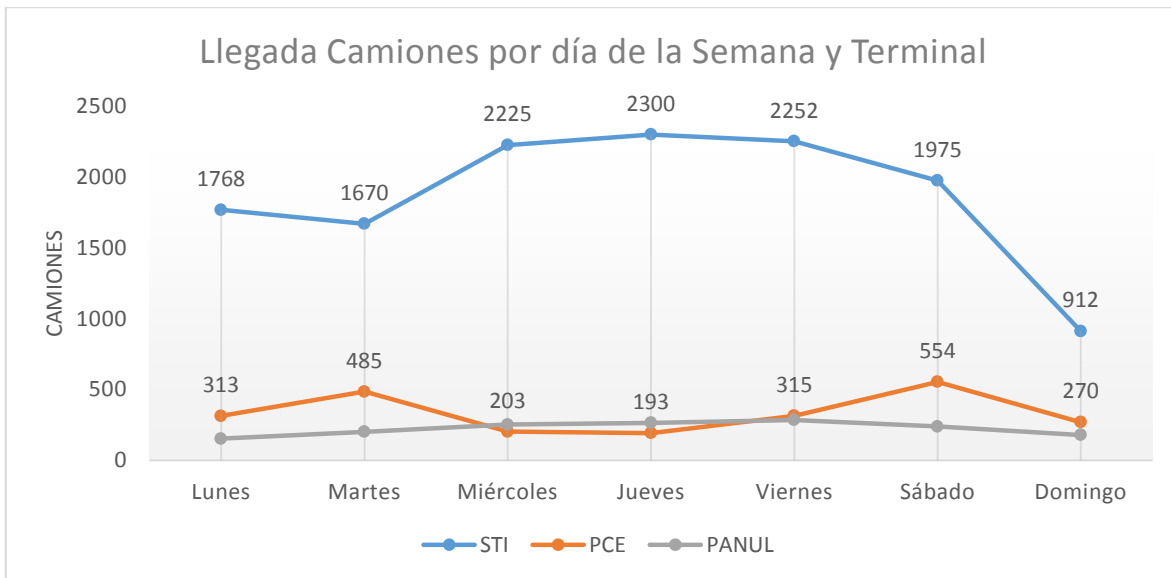
Se puede observar un horario “peak” entre las 8 y 20 horas del día en donde la llegada es más intensa llegando cerca de los 160  $\left(\frac{\text{Camiones}}{\text{Hora}}\right)$ , mientras que en un horario de baja demanda se puede esperar hasta un mínimo de 20  $\left(\frac{\text{Camiones}}{\text{Hora}}\right)$ , además estos horarios se presentan similares entre los días de la semana.

En cuanto al perfil según día de la semana se presenta a continuación:



Gráfica 2: Llegada de Camiones Según Día de la Semana

De la gráfica anterior se desprende que la llegada de camiones dentro de la semana es sólo distinguible el día domingo donde se ve reducida considerablemente en comparación con los días anteriores. La situación por terminal es distinta y las situaciones de alta demanda varían por terminal, a continuación se dispone de esta información:



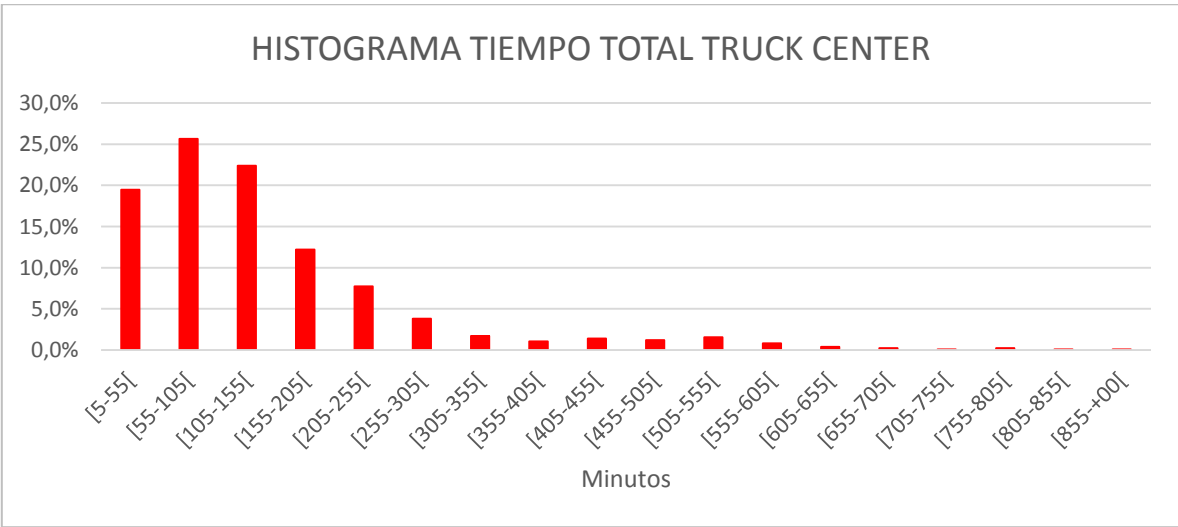
Gráfica 3: Llegada de Camiones Según Día de la Semana y Terminal

Este estudio se enfoca en estudiar la situación agregada del sistema, es decir, incorporando todos los terminales, por consiguiente que desde aquí en adelante se considerará el día domingo como un caso de baja demanda, mientras que dentro del día se trabajará un horario “peak” entre las 8 y 20 horas, para todos los días de la semana.

El interés del estudio es estudiar los días en donde las soluciones tengan un efecto concreto, por lo que el día domingo será descartado de nuestro análisis, porque no registra atochamientos importantes ni beneficios provenientes de las propuestas de solución de esta investigación.

3.3.2. Visación

El proceso de visación se desarrolla mientras los camiones esperan en el Truck center. Este módulo, recibe cerca de 60 camiones diarios en promedio y el tiempo que un camión no visado emplea en este proceso, se representa a través del siguiente histograma:



Gráfica 4: Histograma Tiempos Truck Center

El promedio del tiempo en este proceso de 2.4 horas, en donde más del 80% corresponde a tiempo de espera antes de ser atendido (Visado). Estas mediciones corresponden desde el 5 de julio del 2013 hasta el 30 del mismo mes.

### 3.3.3. Indicadores

Para entender la situación actual, se presenta las características en las que operan los terminales:

<b>Procesos</b>	<b>Cola Máxima</b>	<b>Cola Media</b>	<b>Espera Promedio (min)</b>	<b>Atención (min)</b>	<b>N° Atenciones Diarias</b>	<b>Utilización</b>
<b>Gate Panul</b>	2	0,01	0,072	16,2	234	48,8%
<b>Gate PCE</b>	4	0,15	0,618	29,0	345	59,9%
<b>Gate STI</b>	100	25,98	18,408	18,1	2032	72,9%
<b>TRUCKCENTER</b>	25	3,34	70,95	50,7	68	73,7%

Tabla 2: Indicadores de los Procesos

En cuanto a los tiempos empleados por los transportistas, se observa lo siguiente:

<b>Rutas</b>	<b>Tiempo Espera Promedio (min)</b>	<b>Tiempo Total Promedio (min)</b>	<b>Llegadas Diarias</b>
<b>Camión Panul</b>	0,07	16,3	234
<b>Camión PCE</b>	0,62	29,7	345
<b>Camión STI</b>	18,41	36,5	68
<b>Camión STI No Visado</b>	89,36	121,6	1964

Tabla 3: Características de las Rutas

Esta situación concluye que los terminales están operando en buenas condiciones, con bajos tiempos de atención y de espera, demostrando una baja utilización. Esta realidad se ve contratada con los indicios de saturación del proceso de visación, en donde los camiones están en el Truck center, donde los tiempos de espera superan las 2 horas. Además que la fracción del tiempo en que el servidor de atención (Visación), está ocupado llega al 73%. Si bien la capacidad del Truck center puede albergar con facilidad la cola máxima que se puede observar, esta capacidad se verá rápidamente afectada por un crecimiento de la demanda, hipótesis que será validada en capítulos de más adelante.

Otro factor interesante de comentar, es el gran “castigo” en el tiempo que un camión emplea al no venir visado de antes, en donde el tiempo de permanencia en el sistema aumenta hasta 3,5 veces. Estos resultados se pueden utilizar para demostrar las ventajas que tiene para los transportistas, realizar su visación con anticipación.

## 4. RFID

### 4.1 Definición

RFID es el acrónimo de Identificación por Radio Frecuencia. Es un método de identificación automática que utiliza ondas de radio para transmitir datos entre el lector y la etiqueta que contiene la información.

En un sistema RFID, el elemento a identificar (puede ser un objeto, animal o persona) se etiqueta con un pequeño chip de unido a una antena de radiofrecuencia (conocido como 'tag' o etiqueta) de modo que pueda comunicarse y ser identificado, a través de ondas de radiofrecuencia, por un dispositivo transmisor/receptor (conocido como 'reader') diseñado para ese propósito. La característica principal que dota a este sistema de identificación de un gran valor añadido, es que el chip de RFID permite almacenar en su interior información de identificación que confiere a cada uno de los elementos etiquetados de un carácter único.

La etiqueta es un dispositivo electrónico que tienen un circuito integrado y una antena. Se puede distinguir entre etiquetas activas y pasivas: las activas tienen batería mientras que las pasivas no. En esta propuesta sólo nos referiremos a RFID pasivo. El circuito integrado (IC) contiene un número de serie único, memoria de lectura y escritura utilizada para identificar el objeto, y gestiona el protocolo de comunicación entre el lector y la etiqueta.

El lector recoge la información de las etiquetas, envía comandos, datos y la energía necesaria para activar el IC mediante una antena que puede ser externa o interna. El lector se puede conectar a la red local de una empresa para intercambiar información entre los distintos sistemas de información mediante el middleware. El middleware define cómo y qué información se comparte entre RFID y las bases de datos locales, incluyendo referencia de los objetos y su descripción o estado en un proceso.

La tecnología RFID es flexible y se puede adaptar distintas necesidades fácilmente. Posee ventajas sobre otras tecnologías de identificación como:

Ventajas	Limitaciones
✓ Mayor velocidad e información.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radio de lectura entre 10 cm y 10 m, dependiendo de la potencia del lector, y de la sensibilidad de la etiqueta.</li> </ul>
✓ Elimina el error humano, no el propio de la tecnología.	
✓ Mejora la eficiencia y la flexibilidad.	
✓ Permite mejorar la seguridad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amortización de la inversión (ROI): antes de implantar esta tecnología es necesario realizar un estudio detallado de las mejoras que el usuario va a obtener de ella, y si es posible, calcular el ahorro que supone.</li> </ul>
✓ Mayor precisión de los datos.	
✓ Automatización de procesos.	
✓ No necesita línea de visión directa.	
✓ Puede almacenar mayor información.	
✓ Permite lecturas simultáneas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usuarios tienen que familiarizarse con la tecnología. Aunque es muy sencilla y fiable, implica un cambio en la forma de trabajo, y los usuarios tienen que confiar en una etiqueta que contiene la información pero esta no es visible si no es mediante un lector apropiado.</li> </ul>
✓ Combina funciones de identificación con otras de autenticación.	
✓ Además de leer permite tener información dinámica.	
✓ Capacidad de soportar condiciones más adversas.	

Tabla 4: Ventajas y Desventajas de Sistemas RFID

## 4.2 Funcionamiento

Cuatro componentes son necesarios para implantar RFID: etiquetas, lectores, protocolo de comunicación y middleware.

El lector envía una onda portadora utilizando su antena de transmisión. Esta onda tiene potencia suficiente como para despertar las etiquetas que se encuentren en la zona de interrogación. Los parámetros de esta onda (frecuencia, amplitud, comandos, etc.) están definidos por el protocolo de comunicación. En otras palabras, el protocolo fija el lenguaje entre el lector y las etiquetas, así que ambos deben utilizar el mismo protocolo. Cuando la etiqueta despierta responde al lector enviando su UID (identificador único). El protocolo de comunicación debe ser capaz de cumplir los requerimientos de la aplicación en términos de velocidad de lectura y escritura, lectura de varias etiquetas simultáneamente y radio de alcance.

Como la etiqueta no tiene batería, la única forma que tiene de transmitir información es reflejar la onda que recibe. Una vez que se ha establecido la comunicación, el lector puede enviar comandos a la etiqueta para leer su memoria o grabar nueva información. Por último, el middleware enlaza el lector con la red local de la compañía, transfiriendo y filtrando la información desde y hasta las etiquetas.

Elegir correctamente cada uno de estos elementos es esencial para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación. Existen variados tipos de lectores y etiquetas, pero sólo trabajaremos con aquellos necesarios para la propuesta.

### Comunicación RFID

A continuación se presenta el proceso de un sistema RFID pasivo con tags pasivos:

- 1) El tag se activa cuando pasa a través del campo de radio frecuencia, que ha sido generado por el lector o antena. Luego el tag envía la información solicitada o que tiene programada.
- 2) La antena que había generado el campo original y que se encuentra conectada a un lector, detecta la respuesta.
- 3) El lector envía la información al middleware, el cual posee conexión a internet vía Ethernet.
- 4) El software middleware o Host envía la información recibida de los tags a la aplicación, en donde se procesa la información, resolviendo la consulta en la base de datos de la empresa.
- 5) La información la recibe el middleware y se exhibe en los paneles de información dispuestos en carretera.

El siguiente diagrama explica el macroproceso de lo antes señalado:

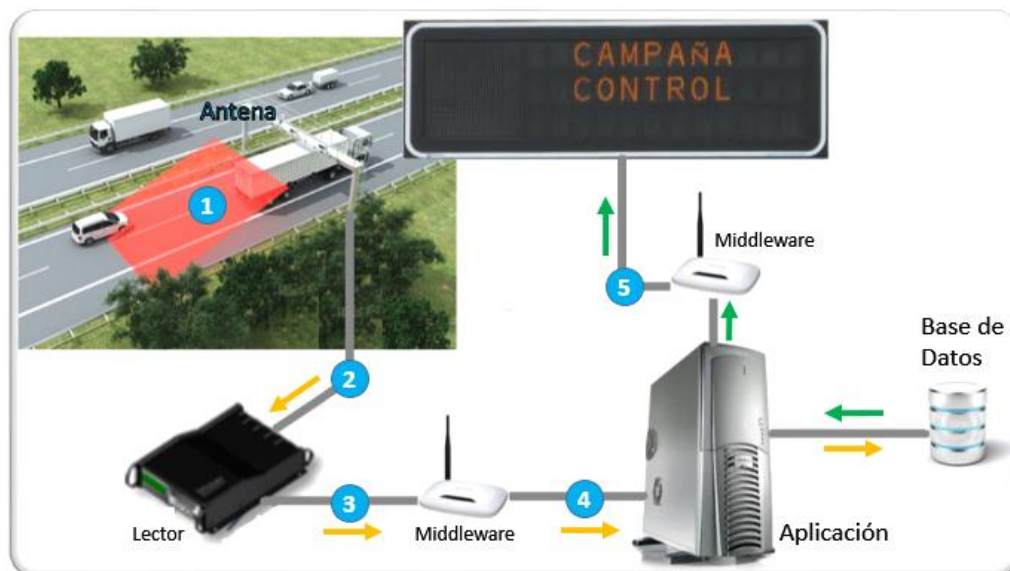


Figura 7: Comunicación RFID

### 4.3 Aplicación al sistema

El proceso que los transportistas tendrán que realizar, es de igual forma para aquellos con destino a STI y a PCE, en cambio quienes tengan destino al terminal Panul procederán sin cambios a la situación actual.

- Los camiones que vengan de la ruta 78 o la ruta 66, tendrán que ingresar a un pórtico RFID dispuesto en la carretera en donde se registrará una solicitud de ingreso a la zona logística. Esta solicitud se evaluará considerando la situación de congestión y entregará una respuesta sobre si el camión puede ingresar.
- En una distancia corta más adelante, se visualizará en un panel de información, la respuesta a la solicitud de ingreso y en este instante se puede prohibir el acceso en caso de congestión o en caso de que el camión tenga problemas con la visación de la carga. También se puede incluir la opción de permitir que el camión pueda dirigirse al Truck center a esperar que el sistema permita su ingreso y/o a regularizar la visación de la carga.
- Una vez pasado los paneles de información y después de haber restringido según las condiciones expuestas anteriormente, el transportistas continuará su ruta por el Nuevo Acceso Sur hasta un nuevo pórtico (Optativo), que verificará la información y separará los flujos de camiones con destino a STI, PCE y al Truck Center.
- Finalmente en el Truck Center, se dispondrá de un nuevo panel de información, que indique cuando se permitirá el acceso a los terminales respetando el orden de llegada de estos, es decir, un sistema FIFO (First in First Out).

El siguiente esquema, representa el nuevo proceso que esta propuesta requiere. El modelo presenta numerosas variantes, pero es esta alternativa la que será analizada para la evaluación económica posterior:





Figura 8: Propuesta RFID en Carretera



Figura 9: Propuesta RFID en Sistema

### **Situación de congestión:**

Se pueden establecer dos indicadores de congestión efectivos para restringir los accesos. El primero consiste en regular que el flujo actual de la recepción de camiones no sobrepase un flujo máximo, el cual se determina por la capacidad de atención de los terminales que necesariamente evitaría el incremento de las colas observadas. El flujo actual de camiones, se puede calcular en tiempo real, con los equipos propuestos en esta sección y sólo significaría programar para que se puedan bloquear los accesos según las condiciones monitoreadas automáticamente.

Otra alternativa de indicador de congestión, consiste en restringir el acceso cuando la cola del terminal asociado muestre un nivel máximo tolerable, con tal de no perjudicar el correcto funcionamiento de la zona logística. Siendo de esta forma, se tendría que monitorear la cola presentada en tiempo real, ingresando al sistema una alerta cuando se deba restringir y cancelar la alerta cuando baje la congestión a un nivel tolerable. Considerando todo este proceso de forma manual, representa altos costos operativos y una solución poco flexible.

Es por esto, que para la modelación se ha utilizado el primer indicador, debido a que requiere de menor inversión y control manual sobre el sistema.

### **Prohibición de Accesos:**

Sólo será posible prohibir el acceso cuando la visación de la carga no esté regularizada. Para esto se deberá ingresar la información de la carga y asociar la patente del camión, o en su defecto al identificador RFID (Tag), puesto que un tag RFID sólo posee información de identificación y no entrega más detalles. Por lo tanto sólo se puede asociar información si se anexa previo al ingreso del camión al puerto.

Cuando el sistema prohíba el acceso a un transportista, existe la posibilidad de que este espere en el Truck Center o que desista de su ingreso. En caso de que asista al Nodo logístico, se necesitará implementar un panel de información dinámico que despliegue cuando se permita el acceso.

Ahora si el transportista se retira del sistema, podrá revisar su situación de tres formas:

- Ingresando nuevamente por un p $\acute{o}$ rtico RFID.
- Recibiendo un mensaje de texto a su celular, cuando ya pueda ingresar.
- Alternativa se puede implementar consultas a un sitio web o una aplicaci $\acute{o}$ n del sistema.

## 5. Metodología

El procedimiento de este proyecto, se basa en la metodología de un proyecto de rediseño de procesos. Aborda hasta la etapa de Rediseño, previa al análisis y requerimientos de software (En anexos se dispone de la metodología de rediseño de procesos). Además en una última etapa se establece una analogía de los pasos de un sistema RFID con esta metodología. De esta forma, las fases de este proyecto corresponden:

### 5.1 Definición del proyecto

En esta etapa, se reúne toda la información primaria y secundaria relativa al funcionamiento del sistema. Se recurrió a entrevistas con cargos operacionales de EPSA, con encargados de operaciones y faenas del cada terminal, complementados con testimonios de los transportistas que utilizan el sistema.

De esta forma se especifican los recursos del sistema, el medio ambiente, las interacciones y las responsabilidades de cada participante. Una vez entendido el problema y los recursos, se procedió a detallar los objetivos con el tutor en la empresa y a planificar el trabajo mediante informes mensuales de avances, definiendo previamente los pasos a desarrollar.

### 5.2 Análisis de la situación actual

Luego de proceder con lo anterior, se continúa estudiando el estado de la situación actual, modelando los procesos involucrados. Esto con el objeto de medir y generar un diagnóstico del sistema para poder empezar a identificar los posibles problemas y empezar a definir las direcciones de mejoras. Antes de poder basar una investigación sobre este diagnóstico, es necesario validar la modelación en curso para tener una visión lo más apegado posible a la realidad del sistema en cuestión.

### 5.3 Rediseño de procesos

Una vez que se ha descrito y entendido el funcionamiento, se establecieron las direcciones de cambio. Nuevamente se recurre a la modelación para evaluar los rediseños propuestos, para cuantificar y pronosticar los posibles beneficios de haber identificado nuestras direcciones de cambio.

En esta etapa además, se describen las tecnologías habilitantes que permiten llevar a cabo este nuevo proceso con el fin de poder empezar las pruebas del rediseño y estudiar su factibilidad técnica.

#### 5.4 Factibilidad y Análisis Económico del Rediseño

En esta oportunidad y para concluir este trabajo, se propuso estudiar la viabilidad económica de nuestra propuesta de rediseño, estudiando los beneficios del cambio en el tiempo contraponiéndolo con la inversión necesaria para la implementación.

#### 5.5 Analogía de las Etapas Abordadas con el Procedimiento de un Proyecto RFID

Por otro lado este proyecto también se enmarca en la metodología de un sistema RFID el cual incluye e niveles de avances o etapas de procedimiento:

##### 1) Fases Introductorias:

- i. Definición de los objetivos: para definir con precisión el proyecto y el conjunto de actividades para coordinar, en donde la empresa deberá estudiar si requiere la participación de las distintas áreas de esta u otros participantes.
- ii. Definición de los vínculos: se identifican las zonas interesadas y los criterios de éxito del proyecto y empezar a reconocer la información técnica, social, legal y económica.

##### 2) Fases Operativas:

- i. Análisis de procesos: necesario para construir un mapa de las actividades actuales como un "As Is", construyendo una base sólida para la formulación de la propuesta y su validación en un "To Be". Luego se deben reconstruir factores como la secuencia de las actividades entre las diferentes organizaciones, el tipo de conexión entre ellas, el tipo de información intercambiada y su pertinencia. Todo esto es para entender y cuantificar los beneficios que la aplicación de un sistema de RFID podría generar. Cuando hay suficiente información disponible, se puede continuar con el análisis cuantitativo.

- ii. Elección de la Tecnología: en esta fase se estudian las distintas alternativas comparando las tecnologías y sus aplicaciones para aportar a la solución. Sólo se trabaja en las variantes que pueden operar con la tecnología RFID, a petición de los objetivos propuestos de este trabajo por la empresa, pero se debe diversificar las alternativas y realizar test con el fin de identificar la mejor solución.

## 6. Desarrollo

### 6.1 Modelación

#### 6.1.1 Supuestos:

Para la simulación del sistema se utilizaron los siguientes supuestos:

- Modelación día promedio: Se modelarán 26 días sin distinción dentro de la semana, por cada mes durante un año. Esto ya que el sistema agregado, posee un comportamiento homogéneo dentro de la semana, excepto el día domingo que presenta una baja demanda y no existen mediciones específicas para estudiar su comportamiento, por lo que se excluye de la modelación. Esto se traduce en que no se incluirá el posible impacto de los domingos, dentro de nuestra evaluación.
- La capacidad de atención de los terminales será la media observada: Esto ya que se necesita profundizar cómo es la capacidad de atención en el tiempo, de cada terminal. Hay que considerar factores como los recursos dispuestos y las posibles medidas de contingencia que puedan existir para aumentar la capacidad de recepción de camiones y no existen mediciones exhaustivas para entender por completo las tasas de atención y su evolución en tiempo.
- Lo horarios de operación: para todos los terminales son extendidos de 24 horas, pero se incluyen el horario protegido del terminal Panul desde las 6:00 a las 8:00 hrs todos los días por descanso legal. Además el proceso de visación opera sólo 2 turnos diarios: de 08:00 a 16:00 y de 16:00 a 24:00 hrs.
- Las tasas de atención de los terminales siguen una distribución exponencial: las mediciones de las atenciones de los terminales, sólo presentan la información de cuántos camiones atienden por hora y no describen cómo es la distribución de los tiempos de atención.
- 4 rutas de estudio: como se mencionó anteriormente, se clasificarán los camiones por terminal de destino y por la situación de su visación.



- No existe distinción en los tiempos de atención entre los camiones por tipo de carga o por tipo de exportación/importación, por falta de información.
- No se consideran los tiempos de traslado entre procesos: por ejemplo, no se considerará el tiempo de viaje entre el Truck Center y el terminal STI, nuevamente por falta de información dado a la complejidad de esta tarea y su alto costo.
- Después de la visación de un camión, este inmediatamente irá a su terminal de destino. Existen casos en que los camioneros realizan descansos no reglamentarios que no están determinados ni estudiados, pero que no debiesen existir.
- El segundo año de modelación, el terminal Panul aumenta en un 20% su capacidad de atención, producto de que posee un proyecto de expansión con fecha de lanzamiento en Julio de 2014. Esta cifra fue obtenida en juicios de expertos del terminal en el momento de la entrevista realizada.
- La demanda de camiones crecerá a una tasa anual de un 6,5%, por lo que se considera una tasa de crecimiento mensual de 0,53% sobre la demanda agregada.
- Los procesos que la carga debe realizar en aduana y en el SAG, han sido excluidos de esta simulación por falta de información y de interés de EPSA. Cabe destacar que cerca de un 5% de los camiones que se dirigen a STI y a PCE son ingresados para su aforo en aduana, mientras que toda la carga de origen vegetal o animal debe ser revisada en el SAG, quien posee un módulo dentro de los terminales. En general, los terminales y EPSA, dejan fuera de su análisis los tiempos empleados en estos procesos, por considerarlos ajenos a su responsabilidad (incluso legal), en el caso de STI y PCE quienes garantizan bajos tiempos de atención a sus clientes.

### 6.1.2 Modelo de simulación

El siguiente esquema nos permite simular la situación actual de la zona logística obteniendo las tasas de atención, utilización, largo de las colas, entre otras cosas y desplegar un completo análisis del tiempo empleado según el tipo de ruta. En este proyecto, se utilizará el software Arena® de Rockwell Automation Inc.®, el cual nos permite obtener todos los requerimientos antes mencionado:

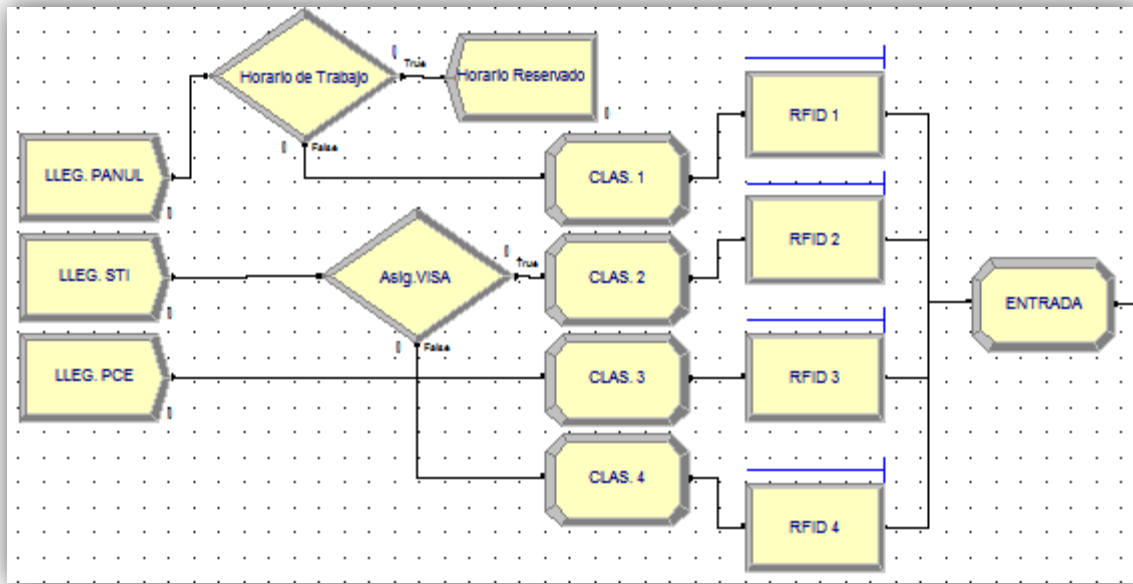


Figura 10: Esquema Modelación PARTE 1

En esta parte de la modelación se observa que las rutas se crean en cada panel “LLEG.”, para luego asignar los atributos distintivos de cada ruta en los módulos “CLAS.”, para su utilización más adelante. Luego de esto cada ruta se ve filtrada por los procesos “RFID” quienes limitan el flujo según las condiciones de congestión de los terminales. Finalmente los camiones concluyen sus flujos en una entrada al sistema, que en la modelación se utiliza para converger los flujos y actualizar variables de estudio, como el N° de camiones que entran.

Además se incluye en la ruta de Panul, un proceso de cancelación de flujo cuando el horario protegido esté en curso. También se incluye un separador de flujos para separar las rutas de STI con los camiones visados y no visados llamado “Asig. VISA”.

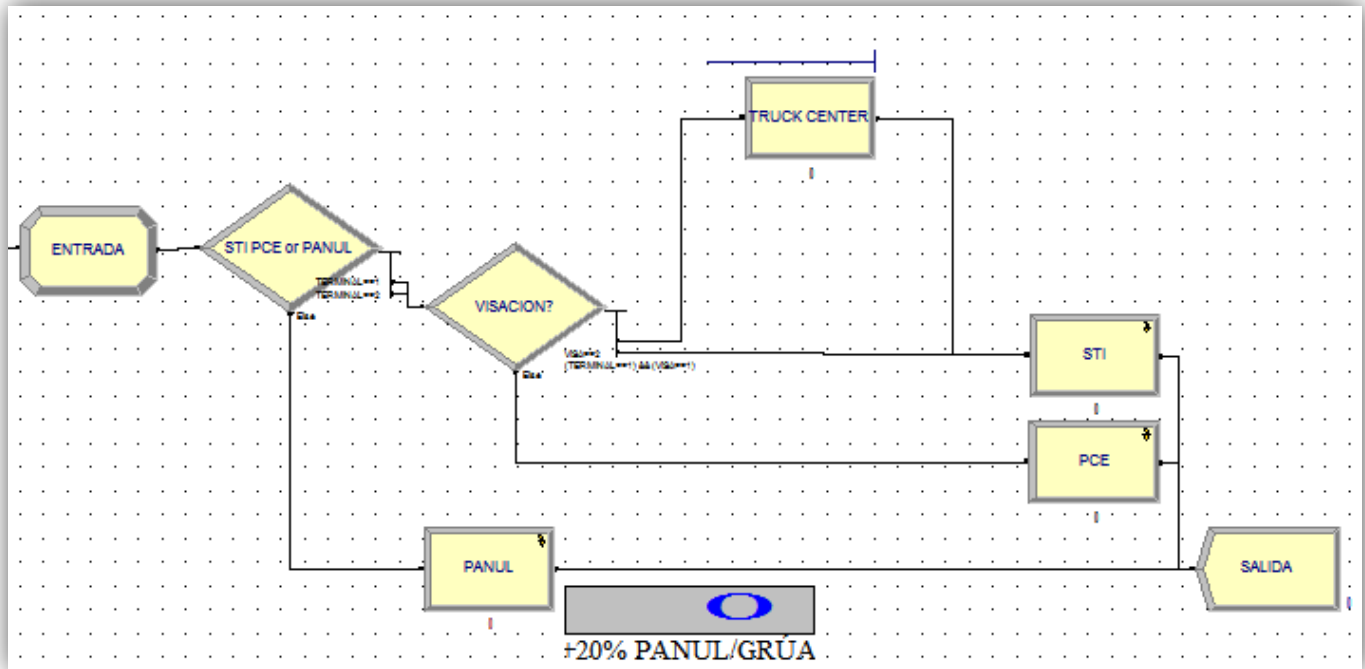


Figura 11: Esquema Modelación PARTE 2

Luego que los camiones ingresan a la zona logística del puerto, las rutas de los terminales sur se separan con el terminal norte Panul con el desvío “STI, PCE or Panul”. Previo al ingreso al terminal STI, se redirigen aquellos camiones que no vengan con su carga visada con el desvío “VISACIÓN?”, hacia el Truck Center. Para finalizar el proceso de un camión, todas las rutas convergen a un panel de salida.

A continuación se muestran las características de los procesos que existen en este sistema:

- 1) Truck center: Es la zona de apoyo logístico que recibe a los camiones que se dirigen a STI que necesitan visación. Tiene una atención promedio de 6 (*Camiones/hr*), además atiende aproximadamente un 3% de los camiones con destino a STI.
- 2) Terminal STI: El terminal que más camiones recibe y posee una atención máxima de 145 camiones por hora de operación, este terminal absorbe un 75% del total de los camiones que ingresan al puerto. A su vez, este proceso es un submodelo que incluye una recepción, una faena de carga/descarga y un despacho.
- 3) Terminal PCE: Terminal de Puerto central, posee una capacidad de atención cercana a los 33 camiones por hora de operación y acoge un 13% del total de camiones. Dentro del terminal existen los procesos de recepción, romanas y despacho.
- 4) Terminal PANUL: Este terminal tiene su zona de apoyo en un parqueadero en la zona norte y posee una atención de 14 camiones por hora, a su vez recibe a un 9%

del flujo de camiones. Posee subprocesos de tara, descarga y despacho de camiones.

## 6.2 Validación

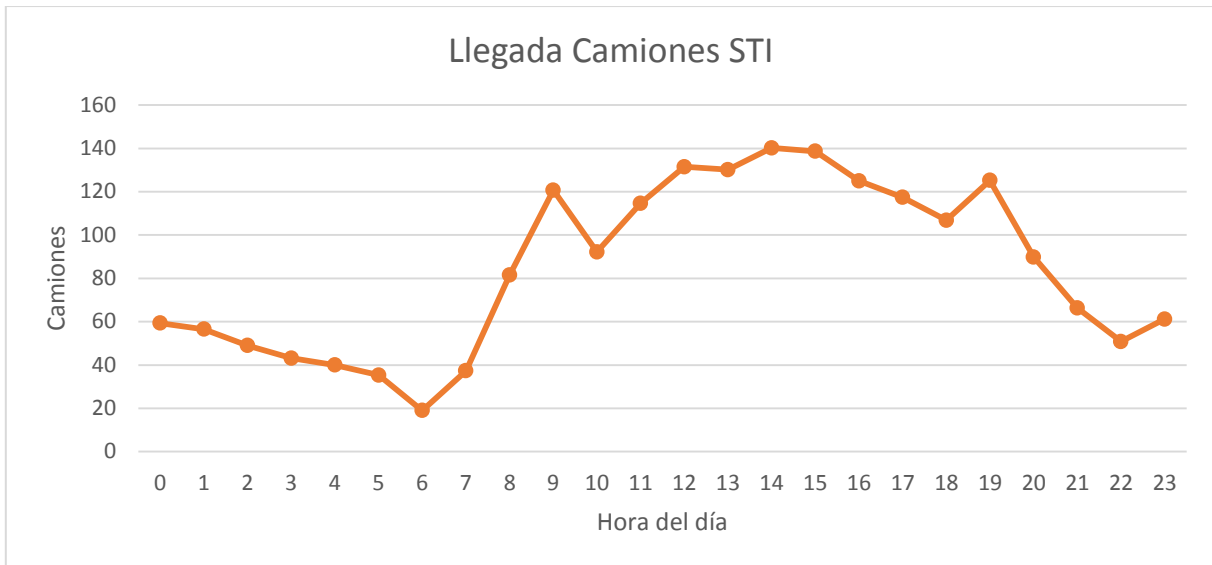
El procedimiento para la validación de la modelación, se realizó comparando los outputs de la simulación con las mediciones realizadas en los ingresos a los terminales, presentada por EPSA en el mes de Julio del 2013. Además se validó el modelo bajo el juicio experto de los entrevistados de los tres terminales y comparando con observaciones en terreno en la zona logística, ocasión en que sólo se revisó las condiciones en que estaba el sistema.

Cabe destacar que bajo este escenario, se puede asegurar un rendimiento cualitativamente correcto y representativo de la situación actual del puerto bajo el criterio de los participantes, pero no existen mediciones actuales que certifiquen el comportamiento que pronostica nuestra modelación, ni tampoco pronósticos afines con este proyecto.

## 6.3 Políticas RFID

### 6.3.1 Restringir Peak's de Llegadas

La posibilidad de incorporar un sistema RFID en nuestro sistema, abre la posibilidad de poder controlar el flujo de camiones, restringiéndolo en las situaciones donde se presente congestión. De otra forma, se podrá “reagendar” la llegada de camiones que lleguen en situaciones donde se presente colas muy largas, por ejemplo en STI donde claramente se observan embotellamientos en los horarios peak's:



Gráfica 5: Llegadas de Camiones STI

Con este perfil de llegadas, en este terminal se puede observar colas hasta de 150 camiones (según los datos de julio de 2014), empleando un tiempo de espera antes de ser atendido en los gate's de hasta 1,4 horas. Esta situación se repite en menor medida en los terminales de PCE y PANUL. Esta información se encuentra disponible en la sección "Congestión" de anexos.

Esta situación se puede mejorar restringiendo los peak's de llegada observados en el gráfico anterior disminuyendo la congestión.

### 6.3.2 Restringir No Visados

Otra medida que se evaluará será la posibilidad de restringir aquellos camiones que no tengan su visación en orden. De esta forma se desliga al Truck Center para albergar los camiones no visados y se podrá utilizar para recibir aquellos camiones que están a la espera, de ser ingresados a un terminal, esto considerando que cuando este sistema crezca será necesario implementar nuevas medidas como esta. Esto último podría suceder, porque aunque se restringe el acceso de los camiones en peak's de llegadas, la cola observada en los terminales irá creciendo mientras no se aumente la capacidad de atención de estos. Esta flexibilidad antes descrita, la permite el sistema RFID.

A modo de resumen, las políticas a evaluar son las siguientes:

- RFID sólo restringe los peak's de llegada.
- RFID sólo restringe los camiones no visados y los camiones no visados.

## 6.4 Pronóstico a Corto Plazo

Considerando los supuestos y la estructura del sistema antes mencionado, la simulación nos permite analizar el horizonte a corto plazo del sistema. El siguiente análisis se realiza para los próximos 5 años considerando el 2013 como inicio de modelación:

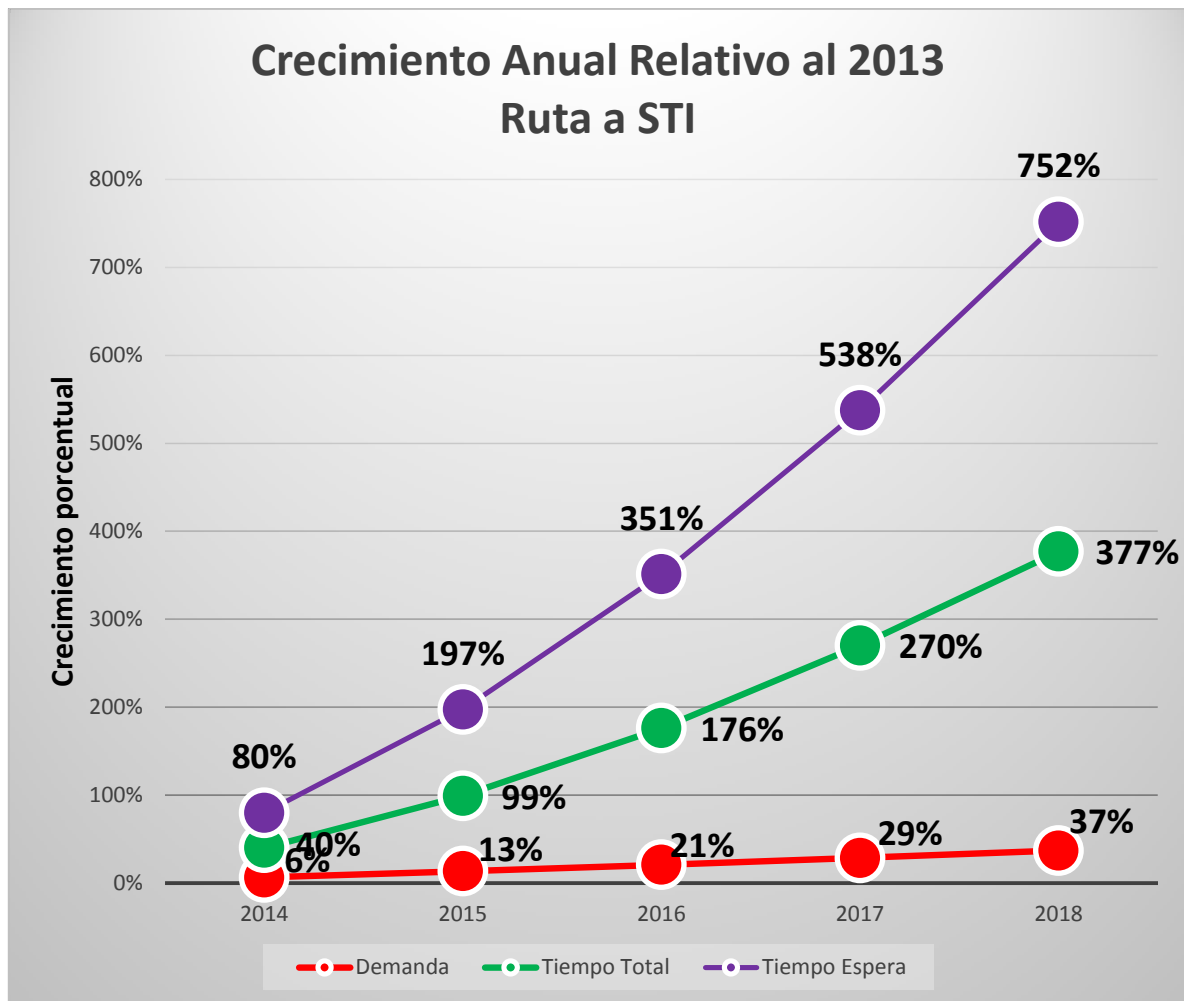
CATEGORÍA	DETALLE	2013	2014	2015	2016	2017	2018
<b>Tiempo Total Promedio (min)</b>	Camión Panul	16,3	14,5	15,3	17,5	19,7	24,6
	Camión PCE	29,7	31,4	42,3	60,8	83,1	110,8
	Camión STI No Visa.	121,6	174,8	206,0	296,3	349,6	<b>522,5</b>
	Camión STI	36,5	51,2	72,8	80,9	135,2	<b>164,2</b>
<b>Tiempo Espera Promedio (min)</b>	STI	18,4	33,1	54,8	83,1	117,4	156,8
	PCE	0,6	2,4	13,1	31,7	54,0	81,7
	Panul	0,1	0,4	1,1	2,2	4,5	9,3
	TRUCKCENTER	71,0	106,8	115,3	171,7	192,6	<b>311,5</b>
<b>Cola Promedio</b>	STI	26,0	49,8	87,5	141,6	213,0	<b>303,0</b>
	PCE	0,1	0,6	3,6	9,1	16,6	26,7
	Panul	0,0	0,1	0,2	0,4	0,9	2,1
	TRUCKCENTER	3,3	5,4	6,2	9,9	11,2	19,3
<b>Utilización</b>	PCE	59,9%	63,6%	67,9%	72,2%	76,6%	81,6%
	STI	72,9%	77,6%	82,5%	87,8%	93,3%	<b>99,2%</b>
	Panul	48,8%	51,3%	54,6%	58,4%	62,4%	66,4%
	TRUCKCENTER	73,7%	79,3%	83,3%	89,9%	91,0%	<b>97,5%</b>
<b>Cola Máxima</b>	STI	100	173	264	357	467	<b>584</b>
	PCE	4	6	18	32	50	<b>71</b>
	Panul	2	4	6	9	13	17
	TRUCKCENTER	25	26	30	40	43	62

Tabla 5: Pronóstico a 5 años

El escenario pronosticado a 5 años no es favorable, la cantidad de camiones aumentará en un 37% hasta inicios del 2018, es decir que el sistema recibirá 3600 camiones diarios. Considerando esta demanda la utilización de la recepción de los terminales, colapsará hasta niveles de utilización de un 99% y sólo el terminal Panul será capaz de operar en buenas condiciones sin saturación en su proceso.

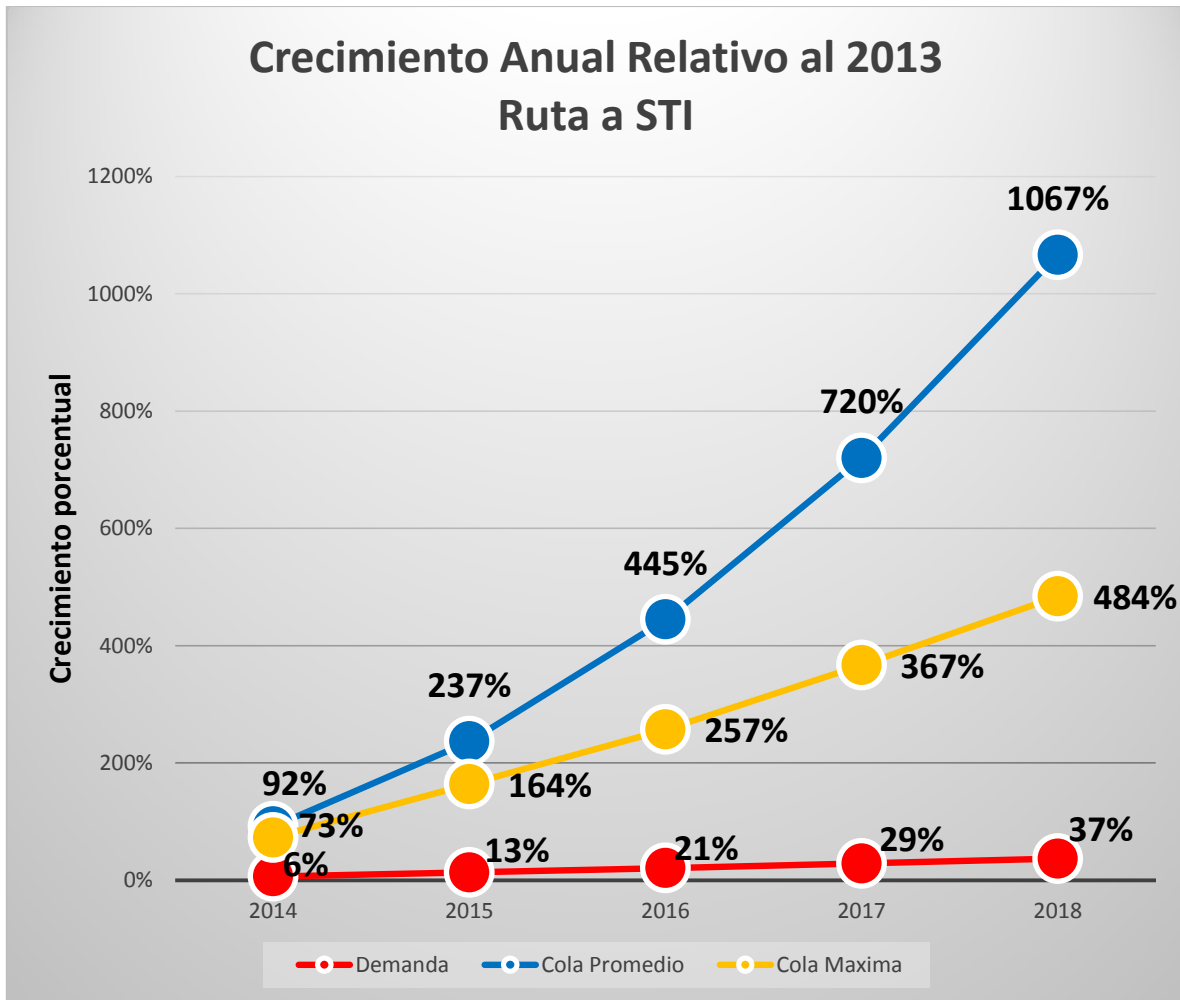
Los embotellamientos crecerán de forma apalancada al crecimiento de la demanda y se verá aumentado en 10 veces el tamaño actual, mientras que los tiempos de permanencia en el sistema será cerca de 5 veces lo observado este año.

Las siguientes gráficas de la ruta a STI, demuestran el crecimiento porcentual de los distintos indicadores respecto al 2013, en relación al crecimiento de la demanda del sistema:



Gráfica 6: Crecimiento de Indicadores 2013 – 2018

Con esta evidencia, el crecimiento del tiempo total de espera crecerá de manera más agresiva que la demanda. Esta brecha entre los crecimientos crece a lo largo de los próximos años, de manera que el panorama para los terminales cada vez será más complejo y de esta forma se presenta como el sistema en un corto plazo colapsará.



Gráfica 7: Crecimiento de indicadores 2013 - 2018 (2)

Nuevamente a través del incremento de las colas observadas en el terminal STI, se describe la rapidez con la que el sistema se saturará. Las colas promedios en STI para fines del 2018 llegaran a los 303 camiones, un tamaño que genera externalidades negativas para el normal flujo para los otros terminales, producto de que los terminales comparten recursos de uso público en común como la calle “Nuevo Acceso Sur”, donde convergen los flujos de todas las carreteras que atraviesan a San Antonio. El problema empezará a afectar a la comunidad cercana y es probable que la situación sea aún peor de lo que se demuestra en estas gráficas, ya que no se consideran los espacios físicos, ni bloqueos o las externalidades negativas en el sistema.

Este panorama es poco alentador, pero estamos suponiendo que los terminales no potenciarán sus recursos y no contemplan medidas de contingencia, ni proyectos a corto plazo que puedan revertir esta situación. Aunque este supuesto es muy extremo y amenaza la validez de este escenario, utilizaremos estas características para evaluar dos políticas de mejoras basadas en la tecnología RFID.



## 7. Resultados

### 7.1 Rendimiento de las políticas RFID

Ante la situación antes expuesta, se analiza el impacto que las dos políticas ofrecen al sistema. Estas políticas difieren tanto en costo, diseño y los beneficios que generan por lo que la elección de la solución deberá cuantificar y establecer una base de comparación considerando los objetivos e intereses a la hora de elegir la solución más apropiada. A esta elección se deben sumar variables como tiempo de ejecución y la complejidad de la implementación, dos factores que deben ser analizados posteriormente por las partes pertinentes.

#### 7.1.1 Política 1: Restringir flujo en Congestión

En primer lugar se presentan los beneficios de la primera política RFID: Restringir el flujo de camiones cuando el sistema se encuentra en estado de congestión. Esta congestión es relativa a cada terminal e independiente por el tipo de ruta. Los resultados obtenidos se despliegan a continuación:

Categoría	Detalle	2014			2018		
		Base	Política 1	Balance	Base	Política 1	Balance
<b>Tiempo Total Promedio (min)</b>	Camión Panul	14,5	14,5	-	24,6	24,6	-
	Camión PCE	31,4	31,4	-	110,8	82,3	↓
	Camión STI No Visa.	174,8	148,7	↓	522,5	358,5	↓
	Camión STI	51,2	29,4	↓	174,2	35,2	↓
<b>Tiempo Espera Promedio (min)</b>	Gate's STI	33,1	11,2	↓	156,8	17,1	↓
	Gate's PCE	2,4	2,4	-	81,7	53,2	
<b>Tiempo Espera Promedio (min)</b>	Gate's Panul	0,4	0,4	-	9,3	9,3	-
	TRUCKCENTER	106,8	106,8	-	311,5	311,5	-

Tabla 6: Rendimiento Política 1 RFID - (Parte 1)

Categoría	Detalle	2014			2018		
		Base	Política 1	Balance	Base	Política 1	Balance
Cola Promedio	Gate's STI	49,8	16,8	↓	303,0	32,8	↓
	Gate's PCE	0,6	0,6	-	26,7	17,4	↓
	Gate's Panul	0,1	0,1	-	2,1	2,1	-
	TRUCKCENTER	5,4	5,4	-	19,3	19,3	-
Cola Máxima	Gate's STI	173	37	↓	584	37	↓
	Gate's PCE	6	6	-	71	29	↓
	Gate's Panul	4	4	-	17	17	-
	TRUCKCENTER	26	26	-	62	62	-

Tabla 7: Rendimiento Política 1 RFID - (Parte2)

Esta política obliga a distribuir las llegadas a lo largo de un día, disminuyendo las situaciones “peak’s” lo que a su vez se traduce en menores embotellamientos. Esto nos indica que la capacidad de atención de los terminales es adecuada y capaz de atender la demanda hasta que la utilización de los terminales sea sobrepasada. Es importante destacar que las políticas RFID no tienen impacto en la utilización de los procesos, lo cual es esperable ya que las propuestas de rediseño al sistema sólo cambian la forma de atención y no intervienen la capacidad de los recursos.

Las mejoras más relevantes de esta política es disminuir la cola promedio desde 303 a sólo 33 camiones, con una cola máxima muy cercana al promedio. Además disminuye el tiempo total que los camiones destinan en el sistema, aunque no con el gran impacto que con las colas de los terminales. Esto último se puede explicar porque sólo se modifica la forma de atender a los camiones durante el día, disminuyendo la “varianza” de los tiempos de cada camión, concentrando los tiempos observados más cerca del promedio y estabilizando la cola observada.

### 7.1.2 Política 2: Restringir flujo en Congestión y sin Visación

Los beneficios ahora se esperan aún mayores, producto de que en esta política además se restringe el flujo aquellos camiones que tengan problemas con la visación de su carga. De esta manera el Truck Center no acogerá a camiones con este problema y el proceso de visación se trasladará fuera de la zona logística excluyéndolo de la zona logística. Los resultados se pueden verificar a continuación:

Categoría	Detalle	2014			2018		
		Base	Política 2	Balance	Base	Política 2	Balance
<b>Tiempo Total Promedio (min)</b>	Camión Panul	14,5	14,5	-	24,6	24,6	-
	Camión PCE	31,4	31,4	-	110,8	82,3	-
	Camión STI No Visa.	174,8	0,0	↓	522,5	0,0	↓
	Camión STI	51,2	29,1	↓	174,2	35,0	↓
<b>Tiempo Espera Promedio (min)</b>	Gate's STI	33,1	10,8	↓	156,8	16,8	↓
	Gate's PCE	2,4	2,4	-	81,7	53,3	↓
	Gate's Panul	0,4	0,3	↓	9,3	9,3	-
	TRUCKCENTER	106,8	0,0	↓	311,5	0,0	↓
<b>Cola Promedio</b>	Gate's STI	49,8	16,3	↓	303,0	32,2	↓
	Gate's PCE	0,6	0,6	-	26,7	17,4	↓
	Gate's Panul	0,1	0,1	-	2,1	2,1	-
	TRUCKCENTER	5,4	0,0	↓	19,3	0,0	↓
<b>Cola Máxima</b>	Gate's STI	173	35	↓	584	35	↓
	Gate's PCE	6	6	-	71	29	↓
	Gate's Panul	4	3	↓	17	17	-
	TRUCKCENTER	26	0	↓	62	0	↓

Tabla 8: Rendimiento Política 2 RFID

El impacto de esta política es muy similar a la anterior con la distinción que elimina un proceso de atención muy importante a considerar en el tiempo total de los transportistas. El hecho de extraer la visación en el Truck Center del sistema, permite mejorar las prácticas dentro de la zona logística y establece prioridad a procesos únicos del sistema. El tiempo que los transportistas deban disponer para ir a visarse no son de interés del sistema, por lo que no se debe considerar en el análisis de esta política, puesto que la relación de los transportistas, los clientes y la aduana, se debe ser externa y ajena a este sistema sin entorpecer ni saturar aún más el sistema.

Por último se dispone una comparación de los rendimientos entre las políticas y la situación base sin modificaciones, para comprender de una forma más clara las diferencias de los beneficios que se esperan:

Categoría	Detalle	2014			2018		
		Base	Política 1	Política 2	Base	Política 1	Política 2
<b>Tiempo Total Promedio (min)</b>	Camión Panul	14,5	14,5	14,5	24,6	24,6	24,6
	Camión PCE	31,4	31,4	31,4	110,8	<b>82,3</b>	<b>82,3</b>
	Camión STI No Visa.	174,8	148,7	<b>0,0</b>	522,5	358,5	<b>0,0</b>
	Camión STI	51,2	<b>29,4</b>	29,1	174,2	<b>35,2</b>	<b>35,0</b>
<b>Tiempo Espera Promedio (min)</b>	Gate's STI	33,1	11,2	<b>10,8</b>	156,8	17,1	<b>16,8</b>
	Gate's PCE	2,4	2,4	2,4	81,7	53,2	<b>53,3</b>
	Gate's Panul	0,4	0,4	<b>0,3</b>	9,3	9,3	9,3
	TRUCKCENTER	106,8	106,8	<b>0,0</b>	311,5	311,5	<b>0,0</b>
<b>Cola Promedio</b>	Gate's STI	49,8	16,8	<b>16,3</b>	303,0	32,8	<b>32,2</b>
	Gate's PCE	0,6	0,6	0,6	26,7	17,4	<b>17,4</b>
	Gate's Panul	0,1	0,1	0,1	2,1	2,1	2,1
	TRUCKCENTER	5,4	5,4	<b>0,0</b>	19,3	19,3	<b>0,0</b>
<b>Cola Máxima</b>	Gate's STI	173	37	<b>35</b>	584	37	<b>35</b>
	Gate's PCE	6	6	6	71	29	<b>29</b>
	Gate's Panul	4	4	<b>3</b>	17	17	17
	TRUCKCENTER	26	26	<b>0</b>	62	62	<b>0</b>

Tabla 9: Comparación Políticas RFID

Aunque es atractiva la elección de la política 2, es irresponsable decidir la mejor opción ya que antes se deben considerar nuevos costos. En la siguiente sección se cuantifican los beneficios y se describen los costos nuevos asociados para implementar la política 2. Aun así, el pronóstico del impacto de la segunda política es alentador y promete que el sistema siga operando en buenas condiciones, sin considerar la elevada utilización que será independiente de la política a elegir.

## 8. Evaluación Económica

### 8.1 Descripción

En esta sección se plantean las últimas variables a considerar para tomar la opción óptima, bajo ciertos objetivos e intereses.

Los principales beneficios que las políticas RFID aportan al sistema, vienen representados por las disminuciones en los tiempos totales de espera y en las colas observadas. Existe una complejidad fuera del alcance de este proyecto, y es la dificultad para poder realizar una valoración de flujos o flujos de caja. Existen muchos actores involucrados, quienes reciben distintos tipos de beneficios, deben realizar distintas inversiones y además necesitan evaluar el proyecto desde distintas visiones privadas y públicas.

Por ejemplo, EPSA tiene beneficios como la realización de un contrato de concesión para operar todo este sistema (modelo de negocios no definido), mejorar la imagen de la empresa frente a la comunidad, solventar la confianza de los terminales y la comunidad logística de San Antonio y el cumplimiento de objetivos alineados con la misión de la empresa. Pero además EPSA será uno de los principales inversionistas del proyecto y la evaluación será desde el punto de vista social. Por otro lado, las empresas transportistas ven como principal ganancia la disminución de sus tiempos de permanencia en el sistema contrapesando una inversión no despreciable de los tags RFID para poder pertenecer al nuevo sistema propuesto, desde una referencia privada. Sin embargo, esta complejidad posee una salida y es que EPSA en su posición de autoridad Marítima-Portuaria puede decretar u obligar a las empresas afrontar este nuevo cambio con la responsabilidad pertinente de no perjudicar a ningún participante, pero siempre velando por el bien común de la zona logística.

Contextualizando este problema, no se llevará a cabo un flujo de caja neto para valorar este proyecto, sino que se presentarán los beneficios cuantificados según el Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana (MESPIVU). Por otro lado, se presentarán los costos tangibles y disponibles hasta esta instancia, junto con describir otros tipos de costos para la implementación de la propuesta en cuestión.

## 8.2 Beneficios

Los beneficios presentados en esta sección han sido valorizados conforme al manual de diseño y evaluación social de proyectos de vialidad urbana (MESPIVU).

Los beneficios económicos producto del ahorro de recursos asociados al desplazamiento de vehículos se obtienen directamente de los resultados de la simulación, comparando cada alternativa con la situación de referencia. Los recursos que se consideran son: tiempo de usuarios (viajeros) y consumo de combustible. La estimación del total de beneficios anuales depende del número de horas. (Ver sección 6.1 Supuestos).

Acorde al alcance de las herramientas y de la información disponible hasta la fecha de este proyecto, fue posible establecer las siguientes instancias de evaluación:

- Ahorro en tiempo de viajes: las horas ahorradas son provistas por el modelo de simulación y son valoradas según los precios sociales publicados en el sitio web del desarrollo de ministerio social.
- Ahorro en consumo de combustible en ralentí: aunque el proyecto supone ahorros también en el consumo de combustible en movimiento y por detenciones, no se ha podido medir en este proyecto, el impacto sobre estas características.

Quedan exentos de evaluación, indicadores que dependan de las distancias de viaje como depreciaciones, desgaste de neumáticos o mantenciones y aquellos que requieran de un Estudio de Impacto al Sistema de Transporte Urbano o EISTU. Otros beneficios económicos de esta propuesta, corresponde a las externalidades positivas sobre la imagen de las empresa involucradas, las disminuciones en los tamaños de las colas de tráfico

Los precios sociales utilizados en la evaluación económica:

<i>Detalle</i>	<i>Valor Social</i>
<i>Valor del tiempo en viajes urbanos de camiones:</i>	\$5216 (clp/hr)
<i>Consumo combustible en ralentí:</i>	2,2 (lts/hr)
<i>Precio Social Combustible:</i>	\$480 (clp/lit)
<i>Tasa social de descuento 2013:</i>	6%

Tabla 10: Precios Sociales

### 8.2.1 Beneficios Política 1 RFID

Utilizando la metodología y los precios sociales, se presenta la **evaluación económica de los beneficios** de la primera política RFID por cada periodo entre los meses de Julio y por un horizonte de 5 años:

<b>INTERVALO</b>	<b>2013 – 2014</b>	<b>2014 - 2015</b>	<b>2015 - 2016</b>	<b>2016 - 2017</b>	<b>2017 - 2018</b>
<i>Horas Totales Ahorradas:</i>	168.667	368.833	677.379	1.123.924	1.733.886
<i>Beneficio Tiempo (CLP):</i>	\$ 887.359.447	\$ 1.940.431.716	\$ 3.563.692.228	\$ 5.912.962.686	\$ 9.121.971.959
<i>Beneficio Combustible (CLP):</i>	\$ 113.992.208	\$ 249.272.262	\$ 457.799.992	\$ 759.592.606	\$ 1.171.829.220
<i>Beneficio Total (USD):</i>	\$ 1.911.706	\$ 4.180.420	\$ 7.677.534	\$ 12.738.746	\$ 19.652.160
<i>VA 6% (USD):</i>	\$ 1.803.496	\$ 3.720.559	\$ 6.446.205	\$ 10.090.280	\$ 14.685.237

Tabla 11: Evaluación Económica Política 1 RFID

<b>VAN (6%):</b>	<b>\$ 36.745.778 (USD)</b>
<b>VAN 1° AÑO (6%):</b>	<b>\$ 1.803.496 (USD)</b>

Tabla 12: VAN al 6% Política 1

### 8.2.2 Beneficios Política 2 RFID

Nuevamente utilizando la misma metodología y los precios sociales, se presenta la evaluación económica de los beneficios de la segunda política:

<b>INTERVALO</b>	<b>2013 – 2014</b>	<b>2014 - 2015</b>	<b>2015 - 2016</b>	<b>2016 - 2017</b>	<b>2017 - 2018</b>
<i>Horas Totales Ahorradas:</i>	212624	422032	745862	1213800	1864066
<i>Beneficio Tiempo (CLP):</i>	\$ 1.118.616.322	\$ 2.220.308.577	\$ 3.923.980.471	\$ 6.385.801.125	\$ 9.806.852.973
<i>Beneficio Combustible (CLP):</i>	\$ 143.699.991	\$ 285.225.879	\$ 504.083.437	\$ 820.334.505	\$ 1.259.810.590
<i>Beneficio Total (USD):</i>	\$ 2.409.920	\$ 4.783.380	\$ 8.453.730	\$ 13.757.418	\$ 21.127.651
<i>VA 6% (USD):</i>	\$ 2.273.510	\$ 4.257.191	\$ 7.097.915	\$ 10.897.164	\$ 15.787.810

Tabla 13: Evaluación Económica política 2 RFID

VAN (6%):	\$ 40.313.590 (USD)
VAN 1° AÑO (6%):	\$ 2.273.510 (USD)

Tabla 14: VAN al 6% Política 2

Estos beneficios se diferencian por \$ 3.567.812 USD, por lo que la diferencias entre los costos de las políticas aclarará cuál decisión es la más beneficiosa para esta instancia.

### 8.3 Costos

Los costos de inversión de una alternativa, con fines de evaluación, se estiman también como un diferencial con relación al requerido por la misma situación base. Los costos de inversión consideran fundamentalmente los costos asociados a la construcción de las obras, incluyendo los costos de los sistemas de operación y control de tránsito, costos por congestión en la instalación, costos de capacitación para adaptarse al nuevo sistema e implementación. Este proyecto no implica costos en temas de expropiación o consumo de áreas verdes dado a su bajo impacto ya que es un proyecto de obras montables sobre las ya existentes, como lo es la carretera.

Para la estimación de costos, se cuenta con una valoración aproximada obtenida en una entrevista con la empresa 3M<sup>17</sup>, quienes poseen proyectos similares y nos han entregado bajo su experiencia, un rango de precios para entender la envergadura del proyecto en grandes rasgos. Hay que considerar que en esta etapa tan prematura de este proyecto, el principal objetivo es entregar una factibilidad técnica y los costos que presentaremos a continuación sólo poseen validez para una vista general del proyecto, sin mayor profundidad en la implementación. Además expertos en esta área concuerdan en que los costos de los equipos y la implementación siempre son sub-valorados y muy específicos a cada proyecto, por lo que intentar realizar un análisis previo a un estudio de una empresa especialista en este tipo de proyectos, incurre en grandes errores. Sin embargo la utilidad de esta tarea es considerar las proporciones del proyecto y el potencial que posee implementarlo a corto plazo.

Los costos aquí presentados consideran principalmente los costos de infraestructura, dejando pendiente los costos en la implementación de la propuesta, los costos de operación, costos de estudio y planificación, de la licitación y de cómo se distribuirán estos costos entre los involucrados a la espera de una propuesta de un modelo de negocio y de más estudios viales y técnicos. No se cuenta con el tiempo de implementación, pero se espera sea entre 1 – 1,5 años según el entrevistado.

<sup>17</sup> Cesar Rodriguez, Sales Representative, Traffic Safety & Security Division, 3M Chile



Respecto a la implementación de un software para apoyar este rediseño de procesos, ésta representa un costo tangible, fijo y variable en el tiempo, puesto que se consideran los costos de desarrollo, de aprendizaje, de licenciamientos, de hardware y de mantenimiento y soporte. Esta actividad es ofrecida por las empresas de implementación RFID, por la exclusividad de su operación, por lo que debe estar incluida en la propuesta de la empresa. Ejemplo de esto son empresa como **Tecnochile, Microsystem RFID y RFIDChile.**

### 8.3.1 Costos Política 1 RFID

En la siguiente tabla se especifica la cantidad y el valor estimado de los equipos necesarios para la propuesta que filtra el flujo de camiones sólo en situación del sistema, se han simplificado los equipos más costosos, ya que equipos más pequeños de comunicación como servidores, router's, alimentadores, entre otros, considerando el gran error que una suposición en esta etapa de pre-factibilidad supone, junto con representar un costo menor en proporción a otros equipos. En otras palabras los costos que más representan y alteran los costos corresponden a:

Detalle Equipos	Ubicación	Cantidad	Precio estimado (CLP)	Subtotal (CLP)	Subtotal (USD)
<b>Etiquetas TAG'S Pasivas UHF</b>	Camiones	12000	\$ 1.500	\$ 18.000.000	\$ 34.364
<b>Pórticos RFID</b>	Carretera	4	\$ 27.000.000	\$ 108.000.000	\$ 206.186
<b>Antenas RFID UHF</b>	Pórticos y Salidas	15	\$ 900.000	\$ 13.500.000	\$ 25.773
<b>Middleware</b>	Anclaje a RED	6	\$ 800.000	\$ 4.800.000	\$ 9.164
<b>Paneles LED de Información</b>	Carretera	4	\$ 3.000.000	\$ 12.000.000	\$ 22.910
<b>Panel LED Información Espera</b>	Truck Center	1	\$ 18.000.000	\$ 18.000.000	\$ 34.364
			<b>Política 1:</b>	<b>\$ 174.300.000</b>	<b>\$ 332.761</b>

Tabla 15: Costos Aproximados Política 1 RFID

### 8.3.2 Costos Política 2 RFID

Esta propuesta es una variante o expansión de la anterior, que además incluye la tarea de prohibir flujos de los transportistas de carga que no esté correctamente visada. Para esta labor es necesario además incluir nuevas etiquetas TAG'S asociadas a la carga, para poder realizar consultas de visación. El detalle es el siguiente:

Detalle Equipos	Ubicación	Cantidad	Precio estimado (CLP)	Subtotal (CLP)	Subtotal (USD)
<b>Etiquetas TAG'S Pasivas UHF</b>	Camiones	12000	\$ 1.500	\$ 18.000.000	\$ 34.364
<b>Pórticos RFID</b>	Carretera	4	\$ 27.000.000	\$ 108.000.000	\$ 206.186
<b>Antenas RFID UHF</b>	Pórticos y Salidas	15	\$ 900.000	\$ 13.500.000	\$ 25.773
<b>Middleware</b>	Anclaje a RED	6	\$ 800.000	\$ 4.800.000	\$ 9.164
<b>Paneles Led de Información</b>	Carretera	4	\$ 3.000.000	\$ 12.000.000	\$ 22.910
<b>Panel Led Información Espera</b>	Truck Center	1	\$ 18.000.000	\$ 18.000.000	\$ 34.364
<b>TAG'S Pasivos UHF Alta Resistencia a Condiciones climáticas</b>	Contenedores	2.500.000	\$ 5.000	\$ 12.500.000.000	\$ 23.864.070
<b>Política 2:</b>				<b>\$ 12.674.300.000</b>	<b>\$ 24.196.831</b>

Tabla 16: Costos Aproximados Política 2 RFID

Se puede observar el gran problema que existe para poder incluir en la propuesta 2 y es que existe un altísimo costo asociado a proveer un TAG resistente a las condiciones climáticas extremas para instalar en los contenedores. Además es un costo creciente ya que hay que enrolar toda esa información y cada contenedor nuevo que participe en el sistema en exportación (donde necesite visación de la carga), deberá tener un TAG RFID. Esto se debe a un problema que se presenta al intentar consultar sobre la condición de visación y que un camión puede realizar más de un ingreso al puerto por día, iniciando cada vez una faena con contenedores distintos, distinta carga y distinta visación, con un identificador RFID para el camión y otro para el contenedor bajo un tercer identificador nominal que relacione los dos identificadores anteriores. Es un problema complejo en donde la empresa consultada ha declarado que se debe estudiar más a fondo los objetivos de esta política, los beneficios que se esperan y si la tecnología habilitante se ha escogido correctamente. Aun así la solución plasmada por esta segunda es viable pero posee una gran complejidad de coordinación e implementación, por lo que según los objetivos estratégicos del puerto se deberá analizar a un nivel más alto esta alternativa.

## 9. Conclusiones

El complejo escenario que se espera observar a corto plazo en la zona logística del puerto de San Antonio, irá empeorando más precipitadamente que el crecimiento esperado, limitando el desarrollo de la zona y afectando la competitividad del puerto. La saturación de los recursos y los grandes atochamientos de los terminales deberán ser intervenidos prontamente para evadir este pronóstico. El tiempo total que los transportistas permanecen en el sistema, se incrementará hasta 5 veces mientras que el tamaño de las colas observadas lo hará en 10 veces. La utilización del proceso de recepción del terminal STI llegará hasta un 99% y del proceso de visación a un 97%.

La tecnología RFID entrega la posibilidad de controlar y decidir sobre los flujos vehiculares para controlar la congestión e intervenir la llegada. Esta solución contiene los peak's de llegadas y permite distribuir la demanda de camiones durante el día, disminuyendo los atochamientos y los tiempos de espera. La propuesta sólo entrega la flexibilidad de elegir cómo atender la demanda de camiones en función del tiempo, sin la necesidad de aumentar la capacidad de atención. Este proyecto es un rediseño de los procesos que utiliza los recursos existentes de una forma más eficiente obteniendo un mejor desempeño con la ayuda de esta tecnología, agregando mejores prácticas y un mayor control al sistema.

Los beneficios esperados consisten en disminuir en 5 veces los tiempos de los camiones en el sistema y en 9 veces el tamaño de las colas del terminal más importante del puerto. Estas mejoras sustanciales van acompañadas de otros beneficios como la capacidad de estudiar y controlar el sistema, entregar información histórica, prevenir situaciones de congestión, disminuir consumo de combustible, mejorar la competitividad del puerto junto con otros intangibles como mejorar la imagen de EPSA frente a la comunidad y mejorar la comunicación entre las empresas involucradas.

Sin embargo estos beneficios aún no se pueden contrastar con los costos y la inversión necesaria que la implementación de este proyecto demanda. En la actualidad la empresa recién está solicitando estudios para entender el futuro de la zona logística y estudiando las soluciones para revertir situaciones complejas que se presenten, por lo que en esta etapas tempranas es muy difícil cuantificar los costos de realizar un proyecto con los requerimientos presentados en este informe ya que los mismo expertos de las empresas que ofrecen estos servicios han declarado que los costos son muy dependientes al proyecto y poco generalizables entre otras obras que puedan ser similares. De la misma forma, la elección de los equipos, la comunicación y las tecnologías se pueden elegir en

etapas más avanzadas del proyecto donde ya se tengan estudios técnicos, los requerimientos detallados y los objetivos completamente claros.

Los proyectos RFID en general suponen un gran cambio en las empresas y demandan decisiones tanto operacionales como estratégicas, por lo que existe una complejidad en que la solución al problema del Puerto de San Antonio sea urgente y a corto plazo. Además se debe considerar que cambiar los procesos, pueden generar conflictos de interés entre los StakeHolder's<sup>18</sup>. Una ventaja importante al implementar soluciones tecnológicas de estas características es que son completamente escalables y acoplables a otros sistemas de información, por lo que se consideran como un escalón de apoyo para el desarrollo y crecimiento del puerto, una alternativa eficaz y competitiva a la que necesariamente se tendrá que acceder en un futuro como un paso necesario y entrega una plataforma para adoptar nuevas tecnologías. Para incrementar la posibilidad de aceptación de estas tecnologías es necesario que todas las partes vean la necesidad del cambio, mediante beneficios tangibles o demostrando que los procesos como operan en la actualidad tendrán dificultades en el futuro, también es recomendable que reconozcan la urgencia de su aplicación y la solidez de la solución como alternativa de desarrollo. Es por esto que la implementación y capacitación debe ser transversal en la empresa, incluyendo desde la estrategia hasta la operación.

La primera política que incorpora la tecnología RFID permite controlar los flujos de camiones cuando existe congestión en los terminales mientras que la segunda política además agrega la posibilidad de restringir aquellos camiones que tengan problemas con la visación para desligar este proceso del sistema. La primera política resuelve eficazmente el problema planteado y la segunda obtiene resultados incluso mejores ya que elimina la saturación observada en el proceso de visación del sistema. Aunque es atractiva la elección de la segunda política y factible económicamente, la solución demuestra ser ineficiente con los recursos que utiliza y la forma de resolver la necesidad de filtrar la carga no visada. Esto se debe principalmente a que la segunda política propone instalar un TAG RFID resistente a situaciones climáticas extremas en los contenedores, los cuales son extremadamente numerosos y están en constante movimiento en distintos destinos del mundo y del país, por lo que es ineficiente instalar un TAG que sólo ocupe en su permanencia en el puerto de San Antonio y no tenga utilidad en otros puertos. Finalmente esta última solución debe ser contrastada con otras soluciones o tecnologías que puedan entregar una propuesta más práctica y recomendable que la descrita aquí y cuestionar el proceso que se propone para dar solución adecuada.

Los resultados obtenidos en este trabajo, asienten la efectividad de implementar la tecnología RFID para resolver los problemas de congestión previo al ingreso a los terminales y enfrentar el futuro a corto plazo del sistema. Es factible técnicamente su

---

<sup>18</sup> **StakeHolder's:** Involucrados o partes interesadas en la realización del proyecto.

implementación y parte de sus beneficios han sido demostrados en esta instancia, cumpliendo de esta manera el objetivo de estudiar la facultad de la tecnología RFID de solucionar el problema de la congestión de la zona logística del puerto de San Antonio y concretizar sus beneficios.

A título personal este trabajo ha significado un gran cambio en la forma de afrontar los problemas en una empresa, puesto que he entendido la importancia de los objetivos en la evaluación de las soluciones y cómo puede afectar la posición de la empresa en un proyecto conjunto. Esta experiencia me entrega la posibilidad de poder plasmar los conocimientos en una situación real para poder entender la oportunidad que se presenta y experimentar la forma de estudiar una solución según los objetivos propuestos. La comunicación es fundamental mantenerla con cada parte interesada y se debe considerar que cada testimonio en un punto de vista completamente diferente para poder entender los problemas que acusan. Es muy importante para entender la situación actual de un sistema, estudiar cada parte involucrada tanto internas como externas.

Otro aprendizaje es que no se debe comprometer una solución preconcebida de una parte o una personal para enfrentar un problema ya que muchas veces no se reconoce el real problema o se resta objetividad al analizar otras soluciones. Limitar la solución es equivalente a restar oportunidades y a restringir el éxito de un proyecto. Finalmente la metodología utilizada y la programación de tus actividades entregan un pilar fundamental y una dirección para poder asentar tus objetivos y delimitar el alcance de tu proyecto. Una buena comunicación y buenas relaciones interpersonales generan sinergias y aportan en la construcción de un proyecto, por lo que es fructífero mantenerlas y promoverlas.

## 10. Bibliografía

### Referencias a Documentos:

- [1] Empresa Portuaria San Antonio. Memoria Anual 2012.
- [2] ONTSI, AETIC, AT4 wireless S.A, “*La Tecnología RFID: usos y oportunidades*”, 2013, Madrid.
- [3] Kelton Sadowski, Randall Sadowski, “SIMULATION WITH ARENA”, 2009, 5° Edición, McGraw-Hill.
- [4] Jerry Banks, Jhon S. Carson, “Discrete-Event System Simulation”, 2009, 5° Edición, Prentice Hall.
- [5] E. Fleisch, J. Ringbeck, S. Stroh, C. Plenge, L. Dittmann, and M. Strassner, “RFID - The Opportunity for Logistics Service Providers”, 2005, 1° Edición, Auto-ID Labs, white Paper Series.
- [6] Alan Gidekel, “Introducción a la Identificación por Radio Frecuencia”, 2006, Electrónica Codificación S.A.
- [7] Área de Estudios del Observatorio Nacional de las Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información de España (ONTSI), AETIC, Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones de España y Asistencia Técnica: AT4 wireless S.A. Empresa tecnológica Española, “RFID: Usos y Oportunidades”, 2006, Edición Bronce, ©red.es.

### Referencias Electrónicas:

- [1] Servicio Nacional De Aduana, Rol y Responsabilidad, <<http://www.aduana.cl/aduana/site/artic/20120427/pags/20120427094321.html>> [Visita: 13 de Diciembre de 2013].
- [2] Graneles de Chile, Descripción de la empresa, <[http://www.granelesdechile.cl/interior.asp?pag=int\\_cont.asp&secid=1&id\\_cat=1&tema\\_id=&subtema=>](http://www.granelesdechile.cl/interior.asp?pag=int_cont.asp&secid=1&id_cat=1&tema_id=&subtema=>)> [Visita: 3 de Diciembre de 2013].
- [3] MicroSystem RFID, Servicios y Contacto, <<http://www.microsystem.cl/servicios/rfid/>> [Visita: 2 de Octubre de 2013].

- [4] Empresa Portuaria San Antonio, Descripción de la Empresa, <<http://www.sanantonioport.cc.cl/index1.html>> [Visita: 4 de Octubre de 2013].
- [5] Comunidad Logística San Antonio COLSA, Quienes Somos, <<http://www.colsa.cl/quienes-somos>> [Visita: 17 de Octubre de 2013].
- [6] SEP Chile, Información Legal Empresa Portuaria San Antonio, <<http://www.sepchile.cl/empresa/empresa-portuaria-san-antonio-epsa>> [Visita: 25 de Septiembre de 2013].
- [7] RFIDPOINT, Directorio, < <http://www.rfidpoint.com/tags-rfid> > [Visita: 2 de Octubre de 2013].
- [8] 3M Chile, Catálogo y Contacto, <[http://www3.3m.com/catalog/cl/es002/products/-/node\\_4D1SX42VPMbe/root\\_DTVNXCS7KFgv/vroot\\_JQ8HXMNDKWge/gvel\\_3BJ3L19FTQgl/theme\\_cl\\_productcatalog\\_3\\_0/command\\_AbcPageHandler/output\\_html](http://www3.3m.com/catalog/cl/es002/products/-/node_4D1SX42VPMbe/root_DTVNXCS7KFgv/vroot_JQ8HXMNDKWge/gvel_3BJ3L19FTQgl/theme_cl_productcatalog_3_0/command_AbcPageHandler/output_html)> [Visita: 5 de Noviembre de 2013].
- [9] Puerto Panul, La empresa y Contacto, < <http://www.panul.cl/> > [Visita: 19 de Octubre de 2013].
- [10] San Antonio Terminal Internacional STI, Empresa y Contacto, <<http://www.stiport.com/>> [Visita: 13 de Agosto de 2013].
- [11] Puerto Central, Empresa y Contacto, < <http://www.puertocentral.cl/> > [Visita: 18 de Agosto de 2013].
- [12] FERROXTAG, Introducción al RFID, < <http://www.ferroxtag.com/> > [Visita: 27 de Septiembre de 2013].
- [13] INTERMEC, Conceptos Básico de RFID: Conocimiento y uso de la identificación por radiofrecuencia, < <http://www.intermec.cl/> > [Visita: 3 de Septiembre de 2013].
- [14] RFID Magazine, Tecnología RFID: Introducción, <[http://www.mas-rfid-solutions.com/docs/RFID\\_introduccion.pdf](http://www.mas-rfid-solutions.com/docs/RFID_introduccion.pdf)> [Visita: 5 de Octubre de 2013].

## Noticias:

- <http://www.biobiochile.cl/2012/03/29/acceso-a-san-antonio-se-ve-entorpecido-por-enorme-taco.shtml>.
- <http://www.soychile.cl/San-Antonio/Sociedad/2012/03/29/81431/Los-tacos-de-camiones-abruman-a-choferes-y-a-los-habitantes-de-San-Antonio.aspx>.
- <http://www.mundomaritimo.cl/noticias/epsa-adquiere-calle-para-mejorar-flujo-de-camiones-hacia-el-puerto>.
- <http://www.mundomaritimo.cl/noticias/municipio-de-san-antonio-saam-epsa-y-vecinos-en-busca-de-una-solucion-a-problema-de-camiones>.



# 11. Anexos y apéndices

## A. Otras Concesiones

Tabla 17: Concesiones Marítimas

Nº	CONCESIONARIO	VIGENCIA
1	M.O.P. (Dirección de Obras Portuarias)	Indefinida
2	Pesquera tarapacá (ex-pesquera zona central)	30-06-2022
3	Pesquera nacional S.A.	30-06-2022
4	Sopesa S.A.	30-06-2020
5	M.O.P. (Dirección de Obras Portuarias)	Indefinida
6	Cía. Pesquera Camanchaca S.A.	31-12-2022

Tabla 18: Concesiones de Uso

Nº	CONCESIONARIO	RUT	SUPERFICIE [m <sup>2</sup> ]	VIGENCIA
7	Terquim S.A. – Planta Ácido	83.355.700-9	11.189,84	06 De marzo de 2015
8	Vopak	84.255.000-9	4.058,87	31 De diciembre de 2014
9	Cía. Pesquera camanchaca S.A. (*)	93.711.000-6	2.411,75	01 De abril de 2013
10	Corporac. Fomento y Desarrollo Pesca Artesanal Puertecito	74.194.700-5	19.041,13	29 De junio 2030
11	Armada de Chile	--	444,1	10 Años a contar de la fecha de entrega de terrenos

(\*) Renovable por períodos de 6 meses.

## B. Antecedentes del Problema

A continuación se presentan imágenes del problema descrito en este informe:



Figura 12: Congestión en San Antonio

### C. Comunidad Logística de San Antonio (COLSA)

La Comunidad Logística de San Antonio (COLSA) es una instancia de coordinación y gestión para todas las empresas, instituciones y organismos involucrados en la cadena logística de San Antonio, que con una visión estratégica buscan el desarrollo sustentable y el aumento de la competitividad de esta red de servicios logísticos. COLSA ha desarrollado y está desarrollando una cartera de proyectos tendientes a mejorar su eficiencia y competitividad, entre ellos se encuentran:

- Academia COLSA 2012.
- Proyecto Recolección de Baterías en Desuso.
- Nodo Logístico.
- Plan de Desarrollo de Infraestructura Intermodal para el Corredor Santiago – San Antonio.
- Mesa de Coordinación Terrestre.
- Plataforma Tecnológica Colaborativa.
- Proyecto Open Port.
- Proyecto PCS Fase I.

Los participantes de COLSA son los siguientes:

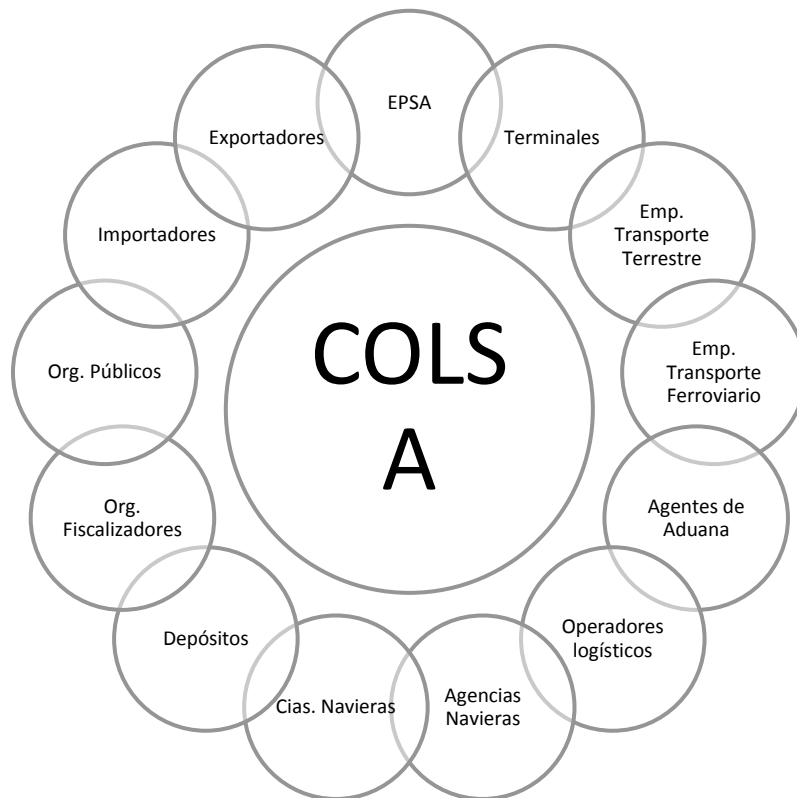


Figura 13: COLSA

## D. Metodología Realizada



Figura 14: Metodología Abordada