

## **Punto 1: Resumen ejecutivo publicable (máximo 1 página)**

### **TÍTULO DE LA PROPUESTA:**

“Trazabilidad de la Cadena de Suministros de los productos agrícolas para reducir el impacto de desechos sólidos y aumentar la competitividad exportable a través de Internet de las Cosas en Panamá”

### **RESUMEN EJECUTIVO:**

#### **A. Antecedentes**

Entre los antecedentes están estudios del previos de los principales nodos logísticos del país, además de un estudio de la aplicación de Internet de las Cosas en la interface puerto ciudad en Panamá, el post-doctorado en la Universidad de Texas en Arlington en ecosistemas logísticos, y el estudio previo de post-doctorado en la sostenibilidad de la cadena de suministros de la fresa y el tomate en Florida, lo cual presentan base para la formulación de una propuesta para la automatización de la trazabilidad de la cadena de suministros de productos agrícolas utilizando herramientas de Identificación por Radio Frecuencia. Además, Panamá creo la ley 11 del 15 de abril de 2016 el cual establece el Programa Nacional de Buenas Prácticas y Trazabilidad Agrícola (BPTA). Basada en documentos publicados por el MIDA, el Programa BPTA lo ha estado desarrollando el Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Sin embargo, la misma no cubre fuera de las instalaciones agrícolas donde el Ministerio de Salud (MINSAL) regula e inspecciona los centros de manejo de alimentos posterior a la puerta de la finca. Basado en conversaciones con la Cadena de Frio, durante todo el proceso post-cosecha se da trazabilidad digitalizada y en algunos casos automatizada en casi todas las operaciones internas, sin embargo, no existe una trazabilidad transversal de toda la cadena de suministros, ni de la interacción entre centros agrícolas-mercado/super mercado. Por lo tanto, no existe actualmente una trazabilidad automatizada que permita la visibilidad y la medición de la eficiencia entre puerto-ciudad (centro de distribución o centro post-cosecha).

#### **B. Hipótesis:**

Al medir la eficiencia, en tiempo real, de la cadena de suministros de productos frescos agrícolas se puede reducir el impacto ambiental producido por los desechos sólidos y reducir el porcentaje de rechazos por los clientes de exportación.

#### **C. Objetivo General:**

Desarrollar un modelo de Internet de las Cosas (IoT) para automatizar la trazabilidad de productos agrícolas con exportables y con potencial exportable de la cadena de frío.

#### **D. Objetivos Específicos:**

1. Estudiar los procesos relacionados con la Cadena de Suministros de productos agrícolas exportables o con potencial de exportación.
2. Medir la eficiencia de la cadena de suministros de productos agrícolas desde el centro de distribución y empaque hasta la exportación utilizando Identificación por Radio Frecuencias (RFID)
3. Desarrollar un modelo conceptual de Automatización de la Trazabilidad agrícola a través de Internet de las Cosas con la aplicación de RFID.

#### **E. Metodología**

La metodología de investigación que se utilizará es el Diseño de Six-Sigma aplicado a Investigación con el fin de tener un continuo control de la calidad de los estudios realizados. Los pasos de esta metodología incluyen Definir, Medir, Analizar, Identificar, Diseñar, Optimizar y Verificar o Validar.

Además, se utilizarán Diseño de Experimentos, selección maestra, análisis de Varianza, Ingeniería Económica, y Retorno de la Inversión.

## **F. Resultados Esperados**

- Identificar cuáles son los principales procesos de la cadena de suministros de productos como la piña para entender posibles áreas donde establecer los equipos de medición de forma eficiente.
- Medir los tiempos y validar la diferencia entre frescura esperada y frescura real de productos como la piña.
- Conocer el impacto de la eficiencia actual de la interacción puerto ciudad (Centro de Distribución), sobre el nivel de rechazo de productos como la piña exportable en el sitio de recepción.
- Crear un modelo de inalámbrico que transfiera de forma real los tiempos en días, horas, minutos y segundos de los pasos dentro del sistema de Distribución en ciudad y exportación en puerto marítimo.

## **Punto 2: Descripción técnica del proyecto (máximo 10 páginas):**

### **1. Título del proyecto**

***“Trazabilidad de la Cadena de Suministros de los productos agrícolas para reducir el impacto de desechos sólidos y aumentar la competitividad exportable a través de Internet de las Cosas en Panamá”***

### **2. Antecedentes de la propuesta**

Existe una gran cantidad de literatura académica enfocada en la sostenibilidad ambiental para la manufactura y la cadena de suministros. Sin embargo, existe poca revisión de literatura con respecto a la sostenibilidad logística y la industria del servicio [1]. Es por esto que es necesaria mayor investigación en la sostenibilidad de logística y transporte, y aún más urgente la sostenibilidad de servicios logísticos con impacto en alimentos frescos. Y la relevancia de esta clase de investigación es más latente, al entender que el crecimiento de la demanda de servicios logísticos y de transporte tiene impacto directo sobre la emisión de gases, la agricultura, los agentes post cosecha, los agentes logísticos y los consumidores de productos agrícolas frescos. Últimamente, los estudios de sostenibilidad de la logística y la cadena de suministros han estado generando indicadores para justificarlo a través de reducción de costos e incremento en ventas. [1]

La disponibilidad de data y su correspondiente confiabilidad es esencial para estudios de sostenibilidad [2], y las tecnologías de la información están ganando popularidad entre gerentes operativos e investigadores, los cuales han identificado el potencial para alcanzar sostenibilidad económica, social y ambiental. [3]. La necesidad de reducción de costos en sistemas multimodales, como el de Panamá, llevarán a las diferentes partes de la cadena de suministros nacional e internacional a mejorar sus prácticas aumentando eficiencia afectando lo que algunos autores llaman Cadena de Suministros Global o Servicios Logísticos. [4]

Algunas de las prácticas para lograr eficiencia en las operaciones es utilizar trazabilidad a través de Identificación por Radio Frecuencia (RFID por sus siglas en inglés “Radio Fequency Identifiation”), aplicado en la Cadena de suministros a través de modelos de optimización y evaluaciones en el retorno de la inversión al reducir necesidad de mano de obra en algunas labores y correcciones en los procesos de sistemas multimodales. [5]

Por otro lado, existen otras combinaciones de tecnología como lo son la interacción entre RFID, GIS (sistema de información geográfica), y comunicación móvil como el GSM (Systema Global Mobil de

Comunicación), los cuales se conectan a la nube con arquitecturas de cliente-servidor y dan posicionamiento de los camiones en todo momento. [6] Estos sistemas complejos de interacción entre sensores, computadores, servidores, cámaras y demás se le han llamado Internet de las Cosas.

La norma ISO 9000/IEC 30141:2018 define y presenta la importancia del Internet de las cosas como una herramienta de Tecnología de la Información y Comunicación que en interacción con otras plataformas tecnológicas provee medición en tiempo real generada por sensores hacia tecnologías existentes para mejorar la funcionalidad y reducir costos operativos, por ejemplo, Señales de tráfico inteligentes que puedan adaptar las condiciones de tráfico reduciendo congestión y polución. [7]

Los sistemas de trazabilidad como el internet de las cosas se amparan con tecnologías como lo son la Identificación por Radio Frecuencias o RFID por sus siglas en inglés. El RFID es un término genérico usado para describir un sistema que transmite identificación (a través de números de serie únicos) de un objeto o ser vivo de forma inalámbrica, usando ondas de radio. Esta tecnología es parte de la categoría de tecnologías de identificación automática. [8]

La trazabilidad está directamente relacionada con tecnologías de información y comunicación como lo son RFID y Sistema de Posicionamiento Global (GPS) con el fin de reducir el impacto ambiental en las operaciones de transporte de carga y la logística. Ambas tecnologías se ven reflejadas en entornos de autopistas y control de inventario de camiones.

Por consiguiente, existen diferentes beneficios en la utilización de estas tecnologías de trazabilidad que impactan la sostenibilidad económica, sin embargo, la ausencia de entendimiento acerca de lo que es trazabilidad en el ambiente agrícola enfoca a las personas en solo trazabilidad del ganado, pero no necesariamente las operaciones de la cadena de suministros de productos frescos derivados de la agricultura de origen vegetal.

Es por eso que hacemos mención de la definición de ISO 9000 de trazabilidad, la cual se entiende como la habilidad de identificar y monitorear la recorrido, distribución, localización y aplicación de productos, partes, materiales y servicios. [9]

En contraste, para el caso de Panamá con tantos transportistas independientes, es muy costoso obtener sistemas tan sofisticados para trazabilidad de los camiones per se, los cuales en su mayoría tienen otras utilidades en cumplimiento con las leyes en otros países como Estados Unidos con el fin de mantener control sobre las horas de servicio. Es por esto, que la implementación de Internet de las Cosas ha de transferirse a la carga, y no al camión o al camionero. Además, de las implicaciones políticas, de invasión de la privacidad y otros factores cualitativos, ya que existen otros factores, tan importantes como la tecnología, que tienen injerencia directa sobre la trazabilidad de la cadena de suministros y su sostenibilidad, como la colaboración, seguridad de la información y la normativas o leyes. [7] Estos tres factores son preponderantes en la implementación de tecnología de la información en general y necesitan ser considerados al mismo peso que la tecnología misma.

Como parte de estudios previos de colaboración entre el Laboratorio RAID de la Universidad de Texas en Arlington y CIILCA la Universidad Tecnológica de Panamá, se levantaron estudios de ingeniería económica sobre las tres opciones de tecnología de información y comunicación y sus iteraciones. Este estudio fue enfocado al movimiento de carga en la interface puerto ciudad y el impacto sobre el CO2. Las tecnologías de la información evaluadas son:

1. Sistema RFID con chip de transmisión de radio pasiva. Este sistema de chip pasivos no está asistido por batería o alguna otra fuente de electricidad, por lo que requiere que la antena envíe la señal de radio y el chip ejerce un efecto espejo a través de las ondas de radio.
2. Sistema OCR. El sistema OCR o Reconocimiento óptico de caracteres, reconoce a través de cámaras los códigos de placas o de contenedores.
3. Sistema de GPS. El sistema GPS es un sistema reconocido desde los años 80 que da información satelital de la posición geográfica diferida de un bien, persona y objeto. Mencionamos el hecho de que es diferido, pues existe un lapso de interacción entre el satélite y el receptor de la señal. Por lo tanto, no da información en tiempo 100% real, si no con diferencia de algunos segundos.

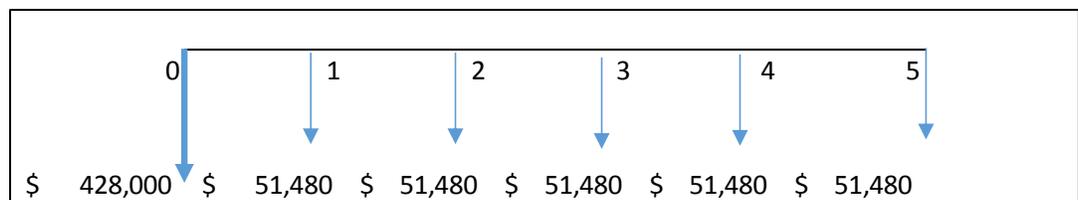
Después de la evaluación de estas tres tecnologías a través de una serie de revisiones de literatura y descripciones comerciales tanto de los equipos como de la carga de trabajo por parte de técnicos y especialistas, además de las condiciones del contexto panameño en materia procesos de comercio exterior [2, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16], desarrollamos un cuadro comparativo que resume los Pros y Contras y costos estimados al 2018, los mismos están definidos en la tabla 1.

**Table 1. Evaluación Cualitativa y Cuantitativa de herramientas para la automatización de la trazabilidad logística**

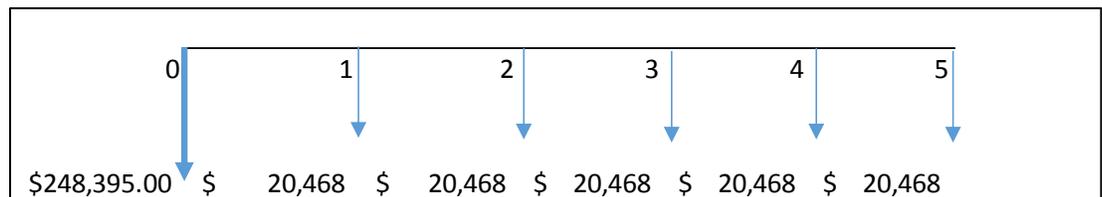
Tecnología	Pros	Contras	Costo
RFID	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La posibilidad de colaboración con sistemas de corredores y autopistas.</li> <li>• Permiso de acceso a puerto.</li> <li>• Se tiene el link para subir documentación de la carga a la nube.</li> <li>• El código adherido podría dar información pertinente a las autoridades para inspecciones y controles.</li> <li>• Al usar portales y conectarlo con el sistema de corredores daría mayor visibilidad del movimiento de la carga en el punto de salida de la ciudad o centro de distribución, parcialmente en ruta y en el punto de entrada al puerto.</li> <li>• Al usar contenedores con RFID, esto podría ayudar en un futuro a las grúas y al sistema de inventarios del puerto a localizar los contenedores agilizando la operación interna.</li> <li>• Podría servir como control de acceso entre la ventanilla única y el sistema de entrada a puerto.</li> <li>• Reduciría costos en los puntos de entrada de los puertos.</li> <li>• Reducción de tiempo en entrada al puerto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La recolección de la data dependerá de las interfaces de internet que puedan ser confiables para la transmisión en tiempo real.</li> <li>• Podría haber retrasos en la transmisión de información en ruta, siendo las autopistas sistemas establecidos para el propósito de cobrar peajes y no transmitir información de carga.</li> <li>• Se requerirá ciertas pruebas con los equipos de RFID con la supervisión de los proveedores.</li> <li>• Es mejor no usar los RFID ya establecidos por las empresas de autopistas y usar chip separados para los contenedores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo de Software \$5,000</li> <li>• Chips de RFID de \$7 a \$15 per unidad</li> <li>• \$ 3,000 por cada sistema de 4 antenas.</li> <li>• Una computadora de \$1,000</li> <li>• Un lector de mano de \$1,000</li> <li>• Un programador de \$80 la hora</li> </ul>
OCR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectura y control de placa de camión.</li> <li>• Lectura de directa de número de contenedores.</li> <li>• Reconocimiento de los rostros de los conductores.</li> <li>• Realiza una comparación automática entre el número de placa y el código del contenedor en patio del puerto.</li> <li>• Reducción de costos en los puntos de control al entrar al puerto.</li> <li>• Reducción de tiempo de entrada al puerto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El costo inicial es muy alto.</li> <li>• El reconocimiento de rostros requerirá ciertas leyes que lo habiliten.</li> <li>• Este método podría generar más incomodidad en el sector transporte.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un Software en \$ 10,000</li> <li>• Escáner a \$500, uno por portal.</li> <li>• PC a \$1,000</li> <li>• Un programador a \$80 la hora</li> </ul>

<b>GPS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trazabilidad de los contenedores sin necesidades de portales.</li> <li>• Provee alertas en el sistema cuando se dan movimientos inesperados en los camiones, paradas no programadas o cambios de ruta.</li> <li>• Control de velocidad y alarmas.</li> <li>• Medición de tiempos</li> <li>• Recolección de datos en tiempo real.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La medición en tiempo real de equipos privados requerirá un consenso con el sector transporte.</li> <li>• El costo inicial es mayor que las otras dos alternativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivo GPS de \$80-\$200.</li> <li>• Costo de Instalación por \$100 por cada camión.</li> <li>• Sistema de Monitoreo \$20 a \$40 por mes.</li> <li>• Computadora a \$1,000</li> <li>• Costo de programador a \$80 por hora.</li> </ul>
------------	--	---	--

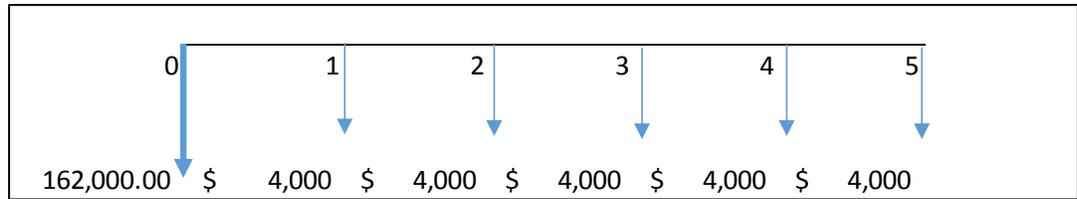
El Centro de Innovación Logística del Tecnológico de Georgia sugiere hacer un híbrido de estas tres tecnologías en diferentes tiempos de implementación de tecnologías de información y comunicación. Sin embargo, según previos estudios realizados en interacción de sistemas de trazabilidad en puertos realizados es importante realizar comparaciones de ingeniería económica y evaluar el peso económico de una implementación de este tipo. Para esto, utilizaremos las siguientes premisas: 1,000 camiones, 24 sistemas pòrticos, 2% de interés anual [17], una línea de tiempo de 5 años y 25% de costo inicial en equipos de trazabilidad en caso de reparaciones o reemplazos por año. Además, utilizaremos el Valor Actual Neto como indicador de evaluación.



**Figure 1. Evaluación Económica del sistema de GPS**



**Figure 2. Evaluación Económica del sistema de RFID**



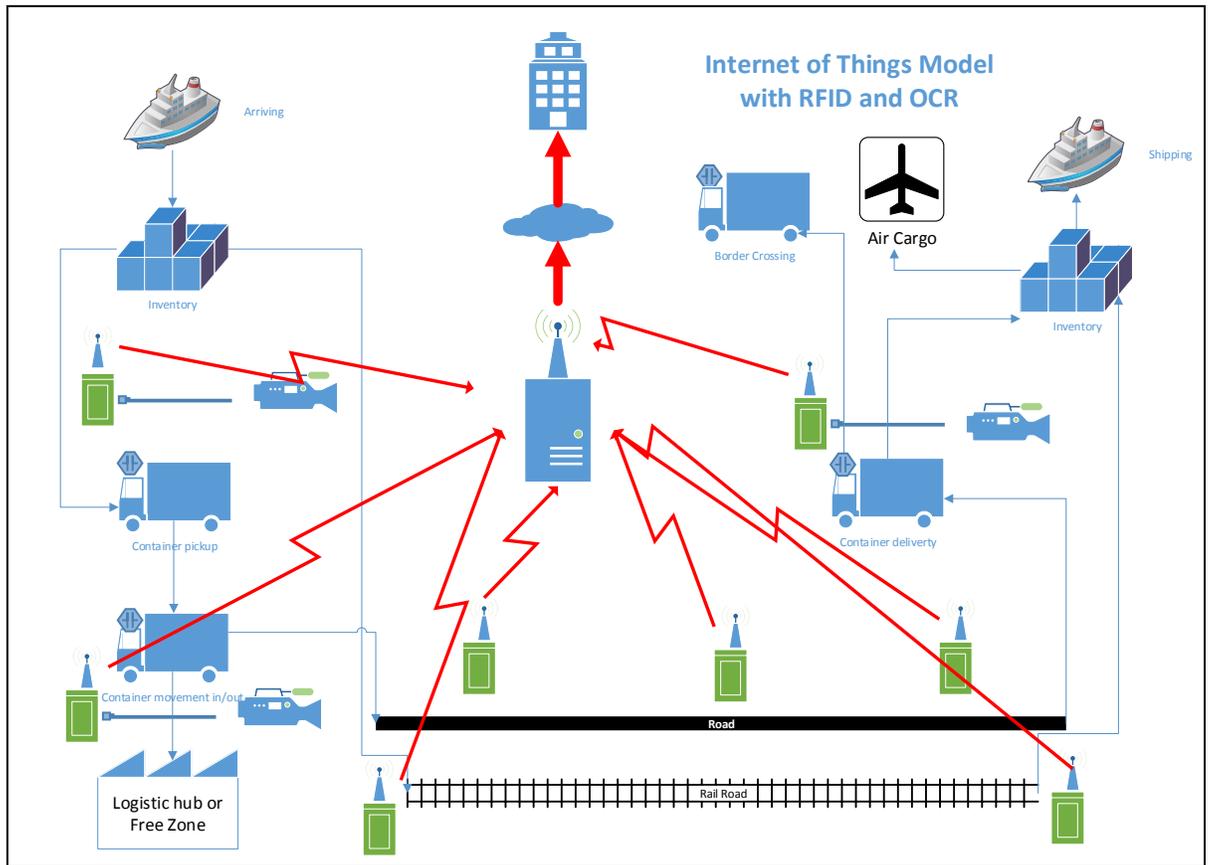
**Figure 3. Evaluación Económica del sistema de OCR**

Después de la evaluación económica del Valor Presente Neto, el sistema de GPS sostiene el valor mayor con \$453,634, el sistema de RFID con \$258,587, y el sistema de OCR \$163,992. En otras palabras, la alternativa más económica es el sistema de OCR, y la Autoridad del Tránsito y Transporte Terrestre (ATT) ya cuenta con cámaras en los puertos. Sin embargo, la utilización de estas cámaras no ha sido previsto para un desarrollo de métricas logísticas como que el que proponemos con el internet de las cosas, sino como control de acceso de entrada y salida del puerto.

Por lo tanto, nuestra propuesta iniciara con evaluación de RFID, para luego coordinar con la ATT y el sistema de autopistas para evaluar trazabilidad a partir de los recursos existentes y que pueda dar mayor confiabilidad a sistemas de internet de las cosas.

En otras palabras, este estudio propone medir los tiempos de traslado entre centro de distribución o centro post-cosecha al puerto, con el fin de evaluar eficiencia. A partir de esta medición de eficiencia en función del tiempo, se correlacionará con las perdidas en exportación causadas por falta de frescura o vida útil.

Paralelamente, se evaluará los cuellos de botella dinámicos, es decir, lo que un día puede ser un cuello de botella, el otro día puede arrojar otro. Lo cual es muy común en sistemas dinámicos como los sistemas multimodales logísticos.



**Figure 4. Modelo de Ecosistema Logísticos Sostenible e Inteligentes**

A partir de estudios preliminares hemos desarrollado un modelo de Ecosistemas Logísticos Sostenibles e Inteligentes presentado en la figura 4. Este modelo contempla todos los movimientos de carga de comercio exterior, incluyendo trasiego de carga, exportación, re-exportación e importación, a nivel marítimo, terrestre y aéreo. En un inicio fue considerado para el monitoreo de eficiencia y emisiones de gases. Sin embargo, este modelo es un antecedente importante para evaluar una porción de la trazabilidad a través del Internet de las cosas como lo es la exportación de productos agrícolas nacionales de corta vida útil entre puerto y ciudad.

Este modelo incluye la interacción de OCR y RFID en interacción con los puertos marítimos, terrestres y aéreos que manejan carga y las agencias logísticas del sistema multimodal de Panamá.

Además, incluye servidores en la nube, que permitan acceso a diferentes agentes logísticos, investigativos, y el gobierno el acceso de data pertinente y acordada. Por ejemplo, de parte de las entidades del gobierno, agencias como Aduanas, ATT, Autoridad Marítima, el Canal de Panamá, el Ministerio de Desarrollo Agropecuario, el Ministerio de Salud podrían conectarse y tener la información en línea actualizada de las transacciones de carga con manifiestos, pagos, permisos, certificaciones e inspecciones en conformidad con las diferentes leyes, normas y buenas prácticas. Esto facilitaría el desarrollo de la ventanilla única de comercio exterior al reducir papeleo.

La línea roja, en el modelo representa la dirección de la data que ha de ser procesada en grandes porciones (Big data) que sería filtrada (Data Management) y clasificada (Data Mining) con el fin de que el acceso a la data sea pertinente y segura para cada agencia, empresa, y ente del gobierno que accede a la información.

A partir de este modelo, la propuesta es estudiar, como plan piloto, la interface puerto ciudad midiendo los tiempos en el momento exacto que están ocurriendo con el fin de tener visibilidad y documentación de la cadena de suministros de productos con potencial exportable como lo son los productos agrícolas nacionales que han sido tratados en los centros post-cosecha de la cadena de frío.

Para entrar en contexto con la agro-logística o la rama de los estudios operativos de la cadena de suministros de alimentos y su interacción con la fuente de producción la cual es la agricultura, necesitamos describir un poco la importancia a nivel de manejo de carga y sensibilidad en la necesidad de la población mundial. Esto es debido a los estudios pertinentes de la logística y su impacto en la sostenibilidad alimentaria de las grandes metrópolis y mega ciudades, donde la densidad poblacional demanda el movimiento de grandes cantidades de comida. Por lo tanto, la medición de la cadena de suministros de productos derivados de la agricultura con tiempos de vida sensibles al tiempo es tan preponderante en materia de competitividad exportable para Panamá.

Lo que mencionan los datos estadísticos es que el 70% de los vegetales son vendidos frescos [18], y 80% de las frutas son consumidas frescas a nivel global. Cuando nos referimos a frescos, nos referimos a no congelados o procesados en latas. Latinoamérica es el número uno en exportación global de frutas y China el mayor importador [19]

Según FAO la falta de alimentación saludable basado en frutas y vegetales frescos 16 millones de personas sufrirán de discapacidad de ajuste en los años de vida futuro con potencial de muerte prematura y 1.7 millones (2.8% de las muertes globales) mueren por una dieta rica en frutas y vegetales frescos [20]

Esta información estadística sumada a la iniciativa WHO de la Organización de Comida y Agricultura de las Naciones Unidas del 2003, que promueve el consumo de frutas y vegetales frescos a nivel global por causas de salud impactarán la demanda, aumentándola y sirviendo como plataforma para el comercio exterior de Panamá de este tipo de productos.

### **3. Justificación del problema a investigar**

El sector logístico de Panamá es responsable del 20% del Producto Interno Bruto y es el generador del 9% del empleo [21]. En particular los puertos marítimos tienen un gran impacto en el movimiento de carga de contenedores, líquido, granos, y carga general [22]. Los puertos marítimos que manejan la mayor cantidad de carga son Panamá Ports, Manzanillo International Terminal, Cristóbal, Colon Container Terminal y Panamá International Terminal.

En el 2014 se documentó los procesos de los principales nodos logísticos de la región que ayudo a elaborar la hoja de ruta de la logística de carga PEN LOG en el 2014. En el cual se describía la necesidad de aligerar los procesos de comercio exterior, entre esos la exportación. En el plan estratégico de Panamá para el 2030 se presenta la necesidad de integración de tecnología como medio de automatización de los sistemas en el 2017. En el 2017-2018 se desarrolla el proyecto de ventanilla única para la agilización de sistemas como el de comercio exterior.

Por otro lado, en el 2016 se crea la ley 11 donde se presenta Programa de Buenas Prácticas y Trazabilidad Agrícola (BPTA). El programa de BPTA que busca mejorar la estandarización, la trazabilidad de los productos agrícolas de origen animal y vegetal, facilitar los sistemas de información, facilitar controles sanitarios, e incrementar eficacia en la gestión a nivel nacional e internacional. [23] Sin embargo, esta ley es circunscrita al Ministerio de Desarrollo Agropecuario, el cual solo tiene injerencia agrícola y no en la cadena de suministros a nivel transversal.

En comparación, existe una iniciativa comercial entre los agentes de la cadena de suministros de productos agrícolas en los Estados Unidos llamada Iniciativa de Trazabilidad de Productos Agrícolas o “Produce Traceability Initiative” (PTI por sus siglas en inglés), la cual busca mejorar la seguridad alimenticia y reducir cualquier ataque a través de enfermedades por alimentos. Esta iniciativa dio lugar a productos como los de IBM como “Blockchain”, donde se desea automatizar la trazabilidad y visibilidad

de la cadena de suministros a través de sistemas de información. Dentro de los planes de IBM se encuentra la implementación de tecnologías como Internet de las Cosas e Inteligencia Artificial.

Al contar con un sistema automatizado de trazabilidad de productos frescos derivados de la agricultura incrementa la medición de la exportación de productos frescos en función del tiempo, lo cual, facilitaría el monitoreo de la eficiencia logística y aumentaría la exportación a través de Panamá. Por consiguiente, el monitoreo de la eficiencia logística tiene el potencial de ser utilizado para reducir emisiones de gases de efecto invernadero, reducir pérdidas económicas para el productor y exportador, y reducir desechos sólidos producto del rechazo en la exportación.

Por otro lado, en el 2017, se revitaliza el proyecto de Cadenas de Frío con dos mercados y cuatro centros post-cosecha con el fin de tener alimentos de alta calidad para el consumidor panameño, que afectarán positivamente la canasta básica, pero a la vez se iniciara una plataforma para que el productor nacional tuviera la oportunidad de usar estos servicios para la exportación de sus productos, de contar con la calidad necesaria.

Se refiere a la justificación de por qué investigar este tema en Panamá. Es una sección para explicar las razones para ejecutar la propuesta y para definir el problema a investigar en Panamá.

#### **4. Pertinencia y enlace con el Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCIYT) 2015-2019 y/u otros planes nacionales.**

Esta propuesta de investigación busca conectar el objetivo 1 del PENCIYT con el objetivo 2, donde se utilizan herramientas tecnológicas que mejoren la movilidad de la exportación de productos derivados del agro, profundizando las competencias construidas como la cadena de frío y aprovechando las ventajas logísticas existentes para traer mayor inclusión social al convertir a los productores nacionales, en especial pequeños y medianos, en exportadores virtuales. Además, apalancando eficiencia en los recursos existentes se reduce el impacto en la producción de gases y reduce las pérdidas por rechazo por falta de frescura y degradación del producto en los lugares de recepción o importación.

**5. Objetivo General:**

Desarrollar un modelo de Internet de las Cosas (IoT) para automatizar la trazabilidad de productos agrícolas con exportables y con potencial exportable de la cadena de frío.

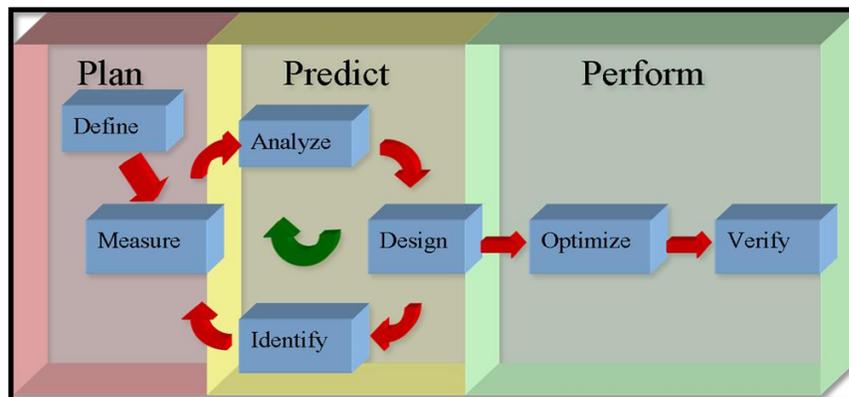
**6. Objetivos Específicos:**

- a. Estudiar los procesos relacionados con la Cadena de Suministros de productos agrícolas exportables o con potencial de exportación.
- b. Medir la eficiencia de la cadena de suministros de productos agrícolas desde el centro de distribución y empaque hasta la exportación utilizando Identificación por Radio Frecuencias (RFID)
- c. Desarrollar un modelo conceptual de Automatización de la Trazabilidad agrícola a través de Internet de las Cosas con la aplicación de RFID.

**7. Hipótesis:**

Al medir la eficiencia, en tiempo real, de la cadena de suministros de productos frescos agrícolas se puede reducir el impacto ambiental producido por los desechos sólidos y reducir el porcentaje de rechazos por los clientes de exportación.

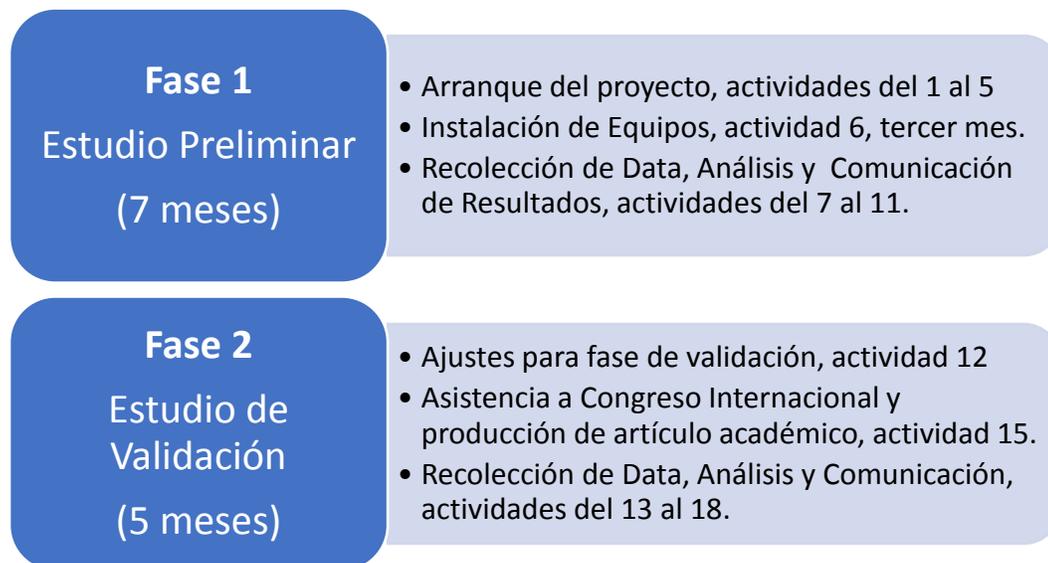
**8. Metodología (métodos y técnicas de investigación)**



**Figure 5. Diseño de Six Sigma Research (DSS-R) Methodology**

El ingeniero de Motorola Bill Smith creó el término "Six Sigma". El término se deriva de la terminología estadística. El significado del Six Sigma es reducir defectos, incrementar productividad, e incrementar utilidades [24]. Muchos prácticos de la ingeniería utilizan esta metodología como DMAIC por sus siglas en inglés que significa, Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar. Además, existen tres macro fases que son Planificar, Predecir y Desarrollar. En la primera fase, el objetivo es poder medir y definir el problema a tratar. En la segunda fase, se analiza la data medida o recolectada, se diseña y se establecen nuevos diseños y procesos, e implementación de herramientas. En la tercera fase se analizan nuevos procesos y diseños aplicados para encontrar la solución a la problemática definida. [24]. El Dr. Jones ha redefinido la metodología para ser aplicada en investigación, como tal y mejorar de forma continua la investigación como producto o servicio. Esta redefinición se encuentra en la figura 5 como DFSS-R, que significa Diseño de Six Sigma para Investigación.

## 9. Descripción de las fases del proyecto



**Figure 6. Fases del Proyecto de Investigación**

La figura 6 resume las dos fases y sus hitos más relevantes en el estudio. A continuación, se describirá cada actividad del Proyecto tanto para la fase 1 de estudio preliminar, como para fase dos de estudio de validación.

### **Fase 1. Estudio Preliminar (7 meses)**

#### **Actividad 1. Compra de Equipos y Materiales**

En la narrativa explicativa del presupuesto se estima adquirir 24 antenas de RFID, 6 lectores de RFID y 500 tags o chips que permitan la recolección de información en tiempo real de la interacción entre los centros post-cosecha y puerto marítimo. Además, de un computador y tabletas digitales que permitan el probar los equipos, recibir la data pertinente y monitorear el desempeño de los pódicos. Por otro lado, se adquirirá papelería y materiales para la generación de reportes, y la instalación de los estudiantes en el Centro de Investigación en Tocumen.

#### **Actividad 2. Lanzamiento del Proyecto**

El lanzamiento del proyecto será una presentación a los gerentes involucrados en la investigación y la respectiva definición de roles, tanto de los puertos, la Cadena de Frío, GS1 Panamá y el Centro de Investigación. El lanzamiento presentará la visión que se tiene de futuros sistemas automatizados de trazabilidad, su importancia a nivel de impacto social, ambiental y económico para los productos agrícolas con potencial exportable. Además, se expondrá la importancia de planes pilotos como el de esta investigación en verificar confiabilidad de los sistemas en ambientes y contextos de Chiriquí, Los Santos y la Ciudad de Panamá.

#### **Actividad 3. Selección y contratación de estudiantes**

Se reclutarán 4 estudiantes por cinco meses que apoyaran las labores de investigación, en especial la recolección de datos, pero también se les educará en temáticas como Internet de las Cosas, RFID, Data Analytics, sistemas logísticos, sostenibilidad de la cadena de suministros, agrologística y programación en Matlab.

#### **Actividad 4. Capacitación al equipo investigador**

Sesiones de una semana de capacitación a los estudiantes y al equipo de investigadores en el trabajo a realizar, en particular una introducción a RFID, Internet de las Cosas, los equipos y la investigación a realizar, la recolección de datos, los centros post-cosecha y la interacción en puerto.

#### **Actividad 5. Capacitación a las organizaciones involucradas**

Existen 4 centros post-cosecha, y 5 puertos posibles a estudiar, por lo que se gestionará una reunión por sitio para presentar el proyecto a los colaboradores que estarían directamente relacionadas con la instalación de puertos e interacción con exportadores. El propósito es presentar los objetivos a lograr y su interacción con el sistema a estudiar.

#### **Actividad 6. Instalación de los pórticos**

Considerando los centros post-cosecha que son 4, uno en Los Santos y tres en Chiriquí, se instalarían 4 pórticos de salida de artículos agrícolas para la exportación. Además. Seleccionar un puerto el cual le instalaremos dos pórticos para exportación, con el fin de monitorear el movimiento desde el centro post-cosecha al puerto. Esto requerirá, establecer instalaciones en sitio, posiblemente instalar cerchas y otros elementos para poner los lectores, cableado para conectarlo a los lectores que necesitan estar en ambientes controlados y así a el internet de la facilidad donde es instalado, con el fin de transmitir la información recolectada directamente a la nube.

#### **Actividad 7. Recolección de la data y ajustes a los pórticos**

Durante 4 meses se estará generando data proveniente de los movimientos de carga que salgan de los centros post-cosecha hacia los puertos, esta data de salida y entrada, permitirá evaluar la confiabilidad del sistema de pórticos, ya que se pondrá los chips in los contenedores en vez de los camiones y esto complica la lectura, ya que el acero, hierro y otros minerales similares distorsionan las ondas de radio. Además, la lectura se dará con chips localizados en la superficie, cuando en el caso de los autos en la autopista, la lectura se da en ambientes más controlados que al exterior. Por último, ajustará el diseño de los pórticos para mediciones de identificación por radio frecuencia con chip sin asistencia de energía eléctrica al exterior y la posición de los chips de forma frecuente durante los 4 meses para garantizar la recolección de la data.

#### **Actividad 8. Diseño de Páginas web del proyecto**

A manera de comunicación de los objetivos del proyecto y de los avances para futuras interacciones con otras empresas en Panamá e Internacionalmente, se documentará contenido apropiado cerca de los acercamientos tecnológicos, como lo es el Internet de las Cosas y RFID, y la trazabilidad y visibilidad de la cadena de suministros, además de su impacto en la seguridad alimentaria, la reducción desechos, cálculo de emisiones de gases e inserción de pequeños agricultores en un sistema de comercio exterior.

#### **Actividad 9. Análisis de la data preliminar**

Cada fin de mes durante 4 meses se presentará un reporte interno de la data adquirida y se procederá a presentar análisis estadísticos y de comportamiento a través de herramientas visuales en softwares estadísticos.

#### **Actividad 10. Presentación de Resultados Preliminares**

Se presentarán los resultados a los gerentes de las entidades involucradas al final de la fase I, posterior al análisis de los datos para escuchar retroalimentación, además de la comunidad de investigadores asociados al proyecto y al Centro de Investigación Eléctrica, Mecánica y de la

Industria (CINEMI). Esto con el objetivo de verificar que los resultados van a añadir valor al sistema de exportación de productos agrícolas de Panamá y de documentación de métricas logísticas.

#### **Actividad 11. Elaboración de Informe Técnico y financiero de la Etapa I**

A partir de la retroalimentación de los investigadores del equipo, las organizaciones involucradas y de otros investigadores, se procederá a presentar reporte financiero y técnico de la fase I a SENACYT.

### **Fase 2. Estudio de Validación (5 meses)**

#### **Actividad 12. Ajustes de equipos e interface**

Posterior a la fase 2 y su retroalimentación, se procederá a verificar que los equipos estén debidamente conectados, tanto los portales como los equipos que interactúan con los portales en cada sitio.

#### **Actividad 13. Recolección de data de validación**

Durante tres meses se volverá a recolectar data con respecto a la interacción puerto ciudad, después de los ajustes pertinentes en equipos y software.

#### **Actividad 14. Análisis de la data de validación**

Cada fin de mes de los tres meses de recolección de datos se estará realizando un reporte de la data recolectada.

#### **Actividad 15. Presentación en el Congreso de Instituto de Ingenieros Industriales**

A partir de la primera fase se elaborará un artículo académico con miras a ser presentado en el Congreso de Ingenieros Industriales. A dónde se viajará para este fin, ya que el mismo es realizado en los Estados Unidos.

#### **Actividad 16. Elaboración de los Resultados de la Fase I y vs Fase II**

Posterior a la recolección y análisis de datos de la fase 2 se procederá a contrastar ambos análisis y resultados con el fin de ver discrepancias en el modelo y la data recibida. Además, de evaluar puntos de mejora al modelo de Internet de las Cosas y al proceso productivo.

#### **Actividad 17. Elaboración del Informe Técnico y Financiamiento de la Fase II**

Se realizará el informe financiero y técnico de la segunda fase de validación de los experimentos.

#### **Actividad 18. Elaboración del Informe Final del Proyecto**

Presentación de informe final con las conclusiones, recomendaciones y futuros proyectos de investigación.

### **10. Resultados esperados (científicos, tecnológicos, entre otros)**

- Identificar cuáles son los principales procesos de la cadena de suministros de productos agrícolas para entender posibles áreas donde establecer los equipos de medición de forma eficiente.
- Medir los tiempos y validar la diferencia entre frescura esperada y frescura real.
- Conocer el impacto de la eficiencia actual de la interacción puerto ciudad (Centro de Distribución), sobre el nivel de rechazo de productos con potencial exportable en el sitio de recepción.
- Crear un sistema inalámbrico que transfiera de forma real los tiempos en días, horas, minutos y segundos de los pasos dentro del sistema de Distribución en ciudad y exportación en puerto marítimo.
- Validar el sistema conceptual de Internet de las Cosas basado en RFID con el fin de presentar idea patentable.

### **11. Impacto esperado (por ejemplo, económico, social, ambiental)**

Esperamos impactar en las métricas específicas de productos perecederos en su exportación desde Panamá. Además, consideramos que estudiar la eficiencia del sistema logístico y medirlo en tiempo

real nos proveerá de información escondida que permita sugerir mejoras al sistema y reducir los rechazos o pérdidas de producto por falta de frescura o vida útil.

Por otro lado, esperamos impactar al productor panameño mejorando sus oportunidades de generar sostenibilidad económica al convertirse en un exportador virtual de alimentos.

Finalmente, creemos que la colaboración y su ejercicio entre diferentes entes de la logística nacional ayudaran a la sostenibilidad del país y su continuidad provocará alianzas que a otrora sugerirán políticas públicas y la reducción de la pobreza en zonas agrícolas.

## 12. Consideraciones especiales (si aplica)

En referencia a las aclaraciones solicitadas por la SENACYT sobre la participación, rol y colaboración entre CEMCIT y la UTP en proyectos de investigación avalados, se describe la información que se aporta:

- Convenio Marco de Cooperación N° DE-RUTP-032-2017 entre la Universidad Tecnológica de Panamá y el Centro de Estudios Multidisciplinarios en ciencias, Ingeniería y Tecnologías-AIP (CEMCIT-AIP); ii) Resolución N° CUIPE-R-01-2019, por medio de la cual se autoriza que el Centro de Estudios Multidisciplinarios en Ciencias, Ingeniería y Tecnología AIP (CEMCIT-AIP), pueda gestionar los fondos adjudicados de proyectos por los colaboradores de la Universidad Tecnológica de Panamá, que participan en convocatorias nacionales e internacionales; iii) Nota CEMCIT-AIP-N-194 de 14 de junio de 2019 dirigida a SENACYT donde se describen las funciones y responsabilidades según lo dispuesto en el Convenio Marco de Cooperación N° DE-RUTP-032-2017 y ); Resolución N° CUIPE-R-01-2019. De igual forma, se adjunta certificado de Registro Público de la CEMCIT-AIP.

En los documentos descritos, la CEMCIT-AIP está plenamente facultada para gestionar las actividades administrativas y de gestión de fondo en los proyectos adjudicados a investigadores de la Universidad Tecnológica de Panamá.

## 13. Estrategia de divulgación de los resultados del proyecto

La estrategia de divulgación tiene tres áreas, a saber

1. Divulgación nacional a los miembros: la cual incluye a los miembros del equipo a través de reuniones y reportes, y divulgación en revistas de la Universidad Tecnológica de Panamá.
2. Divulgación digital: a través de artículos de la página web de la Universidad y una página web del proyecto.
3. Divulgación académica: la primera ha de ser el sometimiento de un artículo académico en el Instituto de Ingenieros Industriales y las segunda a divulgación al aplicar a una patente de Internet de las Cosas.

## 14. Referencias bibliográficas

- [1] Centobelli, P., Cerchione, R., & Esposito, E.(2017) Environmental sustainability in the service industry of transportation and logistics service providers: systematic literature review and research directions. *Transportation Research part D* 53, pgs. 454-470. [Dx.doi.org/10.1016/j.trd.2017.04.032](https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.04.032).
- [2] Green Jr., K., Zelbst, P., Sower, V., & Bellah, J. (2017) Impact of Radio Frequency Identification Technology on Environmental Sustainability. *Journal of Computer Information Systems*. Vol. 57, No. 3 pgs. 269-277. [Dx.doi.org/10.1080/08874417.2016.1184029](https://doi.org/10.1080/08874417.2016.1184029).
- [3] Tob-Ogu, A., Kumar, N., Cullen, J., & Ballantyne, E. (2018) Sustainability Intervention Mechanisms for Managing Road Freight Transport Externalities: A Systematic Literature Review. *Sustainability Journal*. 10, 1923. [Doi.10.3390/su10061923](https://doi.org/10.3390/su10061923).
- [4] Onyemechi, C.(2010). Regional hubs and multimodal Logistics Efficiency in the 21st Century. *Journal of Maritime Research*, Vol 7. No. 2 pgs. 63-72. ISSN. 1697-4840

- [5] Souza, R., Goh, M., Sundarakani, B., Wai, W., Toh, K., & Yong, W. (2011) Return on investment calculator for RFID ecosystem of high tech company. *Journal of Computer in Industry* 62 pgs. 820-829. Doi.10.1016/j.compind.2011.08.002
- [6] Duroc, Y., & Kaddour, D. (2012) RFID Potential impacts and future evolution for green projects. *Energy Procedia. Science Direct. Vol. 18, pgs. 91-98. Doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05021.*
- [7] <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso-iec:30141:ed-1:v1:en>
- [8] <https://www.rfidjournal.com/articles/view?1339>
- [9] <https://the9000store.com/iso-9001-2015-requirements/iso-9001-2015-operational/requirements/identification-traceability/>
- [10] Garcia-Torres, S., Albareda, L., Rey-Garcia, M., & Seuring, S. (2019) Traceability for sustainability: literature review and conceptual framework. *Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 24 Issue: 1, pgs. 85-106. Doi.org/10.1108/SCM-04-2018-0152.*
- [11] Jones, E. C., & Chung, C. A. (2008). *RFID in Logistics: A Practical Introduction* (2008 ed.). CRC Press.
- [12] Tello, H., (2015) *Alternativas Tecnológicas para Mejorar el Transbordo de Contenedores por Camion. Autoridad Nacional de Aduanas Panama. www.logistics.gatech.pa*
- [13] Gogoulos, F., Kaklamani, D., Verieris, I., Amnadiotis, A., Inden, U., Naimark, S., Skobelev, P., & Tsaverv, A. (2013) *An Intelligent Trucking Operations Management System. 1st IFAC Workshop on Advance in Control and Automation Theory for Transformation Application. September 16-17. Istanbul, Turkey. ISBN: 978-3902823-51-9.*
- [14] Bartholdi III, J., Lasso, Al, Donald, H., & Oliver, Y. (2019) Using GPS to measure truck service times in a container terminal. *Maritime Economics Logistics. 21. Pgs. 146-155. Doi.org/10.1057/s41278-017-0097-1.*
- [15] Dallasega, P., Rauch, E., & Linder, C. (2018) Industry 4.0 as an enable of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. *Journal of Computers in Industry* 99. Pgs. 205-225. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.03.039>
- [16] Papert, M., & Pflaum, A. (2016) *Development of an Ecosystem Model for the Realization of Internet of Things (IoT) Services in Supply Chain Management. Institute of Applied Informatics at University of Leipzig. DOI 10.1007/s12525-017-0251-8.*
- [17] <https://tradingeconomics.com/panama/interest-rate>
- [18] [https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-foodagri/world\\_vegetable\\_map\\_2018.html](https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-foodagri/world_vegetable_map_2018.html)
- [19] [https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/world\\_fruit\\_map\\_2018.html](https://research.rabobank.com/far/en/sectors/regional-food-agri/world_fruit_map_2018.html)
- [20] <https://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/en/>
- [21] <https://tradingeconomics.com/panama/competitiveness-index>
- [22] *Logistics in Panama: Challenges and Opportunities. Embassy of the Kingdom of Netherlands in Panama, Ministry of Foreign Affairs, August 2018.*
- [23] <https://www.thebalance.com/panama-canal-expansion-impact-on-u-s-economy-3306274>

[24] Jones, E. C., & Chung, C. A. (2008). RFID in Logistics: A Practical Introduction (2008 ed.). CRC Press.