

ARTÍCULO ORIGINAL

Requerimientos para el diseño de una torre de control en la cadena de suministros de una empresa de paquetería internacional

Requirements for the Design of a Control Tower in the Supply Chain of an International Parcel Company

Mildred Walwyn Fuentes

mildred@hbo.correos.cu • <https://orcid.org/0000-0002-7596-8302>

EMPRESA CORREOS DE CUBA OESTE, CUBA

Tatiana Delgado Fernández

tatiana.delgado@uic.cu • <https://orcid.org/0000-0002-4323-9674>

Mavis Liz Stuart Cárdenas

mavis@ind.cujae.edu.cu • <https://orcid.org/0000-0002-0461-7118>

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA HABANA "JOSÉ ANTONIO ECHEVERRÍA", CUBA

Recibido: 2022-09-24 • *Aceptado: 2022-11-01*

RESUMEN

El manejo de los envíos internacionales presenta demoras en la entrega a su destino final, particularmente en la gestión de entrega en la última milla. El intercambio de información entre entidades sigue siendo un proceso importante para las organizaciones actuales y su incidencia en el éxito de las cadenas de suministros se considera vital. Surge la necesidad de implementar herramientas que permitan integrar los sistemas de información, con los datos estadísticos y los procesos. Desde esta perspectiva, las autoras discuten la utilidad de la visibilidad en tiempo real, como epicentro de las cadenas de suministro, así como un marco conceptual para su aplicación. Se presenta también el estudio de algunos métodos y herramientas que permitirán la implementación del marco de integración virtualizada de datos, a través de una torre de control. Se ofrecen los principales requerimientos para el diseño de una torre de control para la cadena de suministros de una empresa distribuidora de envíos internacionales.

PALABRAS CLAVE: cadena de suministros, sistema de información, torre de control, visibilidad.

ABSTRACT

The handling of international shipments presents delays in the delivery to its final destination, particularly in the management of last mile delivery. The exchange of information between entities continues to be an important process for today's organizations and its impact on the success of supply chains is considered vital. The need arises to implement tools that allow the integration of information systems, with statistical data and processes. From this perspective, the authors discuss the usefulness of visibility in real time, as the epicenter of supply chains, as well as a conceptual framework for its application. The study of some methods and tools that will allow the implementation of the virtualized data integration framework through a Control Tower is also presented. The main requirements to implement a control tower for the supply chain of an international shipping distribution company is offered.

KEYWORDS: *Supply chain, Information System, Control Towers, Visibility.*

INTRODUCCIÓN

La información y su gestión continúan siendo factores clave para el desempeño de la empresa moderna. De acuerdo con Stuart, Prieto, Quial, Delgado, T. & Delgado, M. (2021), en el contexto de las organizaciones la gestión de la información se puede identificar como la disciplina que se encarga de todo lo relacionado para obtener la información adecuada, en la forma correcta, para la persona indicada, al costo aceptable, en el momento oportuno, lugar apropiado y articulando todas estas operaciones para el desarrollo de una acción correcta.

Los sistemas de información (SI) y las actividades asociadas a su funcionamiento eficiente, son aspectos trascendentales de la operatoria organizativa y de la actuación cotidiana (Suárez, Villar, Infante, & Guillén, 2020). El arquetipo real de los sistemas de información (Lezoche, Panetto, & Aubry, 2011) implica un gran número de SI distribuidos en grandes y complejas redes informáticas/de comunicación, que tienen que interoperar para lograr su propósito. La interoperabilidad es considerada como requisito indispensable para lograr el objetivo de la integración (Burns, Cosgrove, & Doyle, 2019) (Nilsson & Sandin, 2018). Para Panetto & Cecil (2013), la interoperabilidad entre sistemas diferentes es importante; pero también lo son otros aspectos como el entendimiento mutuo de las necesidades de cada parte interesada, donde es necesario tener en cuenta los marcos semánticos, para de esa manera eliminar la incompatibilidad, que no solo se refiere a los aspectos técnicos, sino también a los de organización e información.

En términos de expectativas del consumidor, la integración de los SI, la reducción de costos, la sostenibilidad y la transparencia se encuentran entre las catorce megatendencias del sistema de cadena de suministro global (Anggoro, Hubeis, & Sailah, 2018) (Sudrajat A. , Sudirman, Prasetyo, & Reza, 2020).

Debido a la naturaleza compleja de los sistemas logísticos actuales, la identificación, administración y mitigación del impacto de la interrupción de la cadena de suministro se vuelve especialmente difícil. En una empresa transitaria, la visibilidad de la ubicación y el estado de los envíos puede ser limitada o inexistente en ocasiones (DHL, 2022). Todo ello, unido a la vulnerabilidad ante muchas incidencias de interrupción de los enlaces de larga distancia en las cadenas de suministro, han influido en el desarrollo de las torres de control en estas cadenas, las cuales emergen como una solución para la visibilidad de extremo a extremo en la cadena de suministro.

Una torre de control en logística es un sistema que reúne toda la información digital entre el cliente y la empresa de transporte en una cabina de datos. Esto permite una visión general en tiempo real y una respuesta rápida a los incidentes. Las partes involucradas se benefician de procesos automatizados constantemente, debido a que hay un único punto de entrada; la comunicación es casi instantánea; todos los participantes están involucrados, incluso a nivel internacional; se pueden identificar y utilizar fácilmente las sinergias entre todos los participantes y las capacidades; el sistema mapea sin problemas la cadena de suministro y garantiza un procesamiento eficiente. De esta forma, la torre de control ofrece enormes ventajas en términos de transparencia, eficiencia y comodidad (DHL-freight, 2020).

La Empresa de Mensajería y Cambio Internacional (EMCI) ha venido introduciendo cambios organizacionales y otras transformaciones sustentadas en tecnologías digitales (Stuart, Prieto, Quial, Delgado, T. & Delgado, M., 2021), con vistas a revertir la situación creada en el proceso de entrega de paquetes internacionales, debido al incremento exponencial de la demanda de este servicio durante la COVID-19, que se ha mantenido como comportamiento habitual del servicio con posterioridad al aislamiento por la pandemia. Sin embargo, aún existen espacios de mejora a lo largo de toda la cadena de suministros, algunos de los cuales están relacionados con la falta de visibilidad de extremo a extremo y con poca gobernanza de los datos de los envíos durante toda la cadena.

La pandemia tuvo efectos: los correos internacionales dedicados a la gestión del Servicio Postal Universal cerraron o fueron reemplazados por la vía online, así como algunos vuelos comerciales y eso hizo que se disparara la paquetería courier. Como estrategia organizacional, el GECC hizo que la Empresa de Mensajería y Cambio Internacional (EMCI) ampliara al resto de las empresas el negocio de paquetería Courier (agencias privadas), en la última milla, lo que trajo consigo un incremento súbito de los volúmenes de envíos procesados, teniendo en cuenta que las capacidades de almacenamiento no estaban preparadas a ese efecto. Este incremento de los volúmenes de los envíos repercute directamente en la demora de la entrega al cliente final.

Una de las principales causas para que estos envíos no puedan ser entregados en el tiempo establecido es la falta de información primaria (con que solo opera la EMCI), lo que implica que en cada una de las actividades (manuales) de recepción, clasificación y entrega, los problemas de información del envío no puedan ser solucionados a tiempo.

El objetivo de este artículo es explorar las características de las torres de control, analizar sus principales ventajas en la visibilidad de extremo a extremo en las cadenas de suministro y el análisis de información, para la toma de decisión oportuna en todos los eslabones de la cadena y particularmente en la última milla de cara al cliente. Sobre este marco conceptual se establecen los requerimientos necesarios para configurar una torre de control de cadena de suministro en el servicio de mensajería y cambio internacional.

METODOLOGÍA

La metodología utilizada se fundamentó en una investigación de tipo exploratorio-deductivo, ya que a partir de una conceptualización general, soportada en un análisis documental y perceptual, se establecieron los requerimientos de diseño de una torre de control para la cadena de suministros de una empresa transitaría.

En el esquema de la figura 1 se muestra la metodología empleada para establecer los requerimientos de diseño de una torre de control de cadena de suministro.

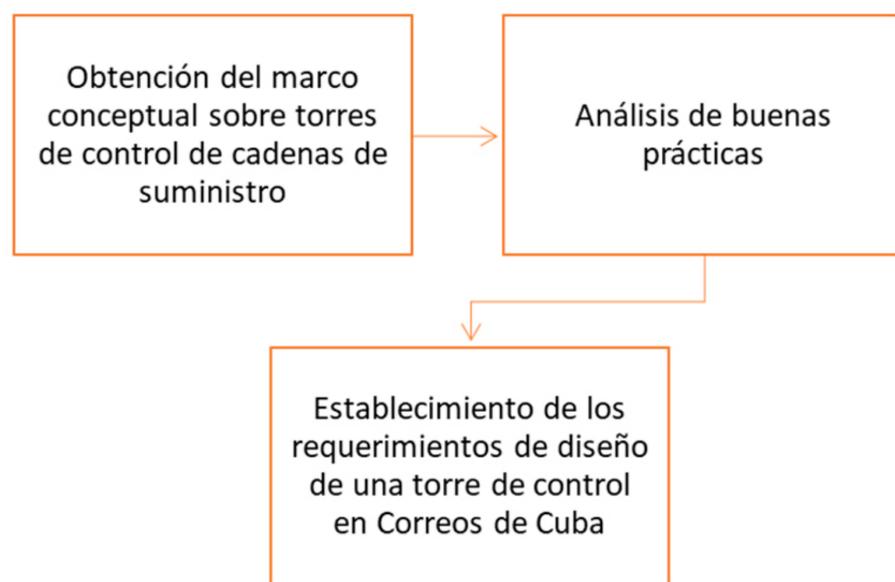


Figura 1
Metodología para establecer
requerimientos de diseño
de una torre de control
en Correos de Cuba.

La metodología, como se aprecia en la figura 1, comprende las fases siguientes:

- Obtención del marco conceptual sobre torres de control de cadenas de suministro, a partir de un estudio de la literatura, para identificar los conceptos subyacentes más importantes y recurrentes, que giran en torno a las torres de control logísticas, así como sus ventajas para una mayor visibilidad y gestión eficaz de cadenas de suministro.
- Análisis de buenas prácticas, a través de casos de estudio internacionales. Se analizan casos exitosos en el líder logístico DHL.
- Establecimiento de los requerimientos de diseño de una torre de control en Correos de Cuba, para la logística de envíos internacionales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CADENAS DE SUMINISTRO

La cadena de suministro representa un conjunto de actividades funcionales (transporte, control de inventarios, entre otros) repetidas muchas veces a lo largo del canal de flujo, mediante las cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor para el consumidor (Kumar, 2021). Es un proceso integrado, en el cual la materia prima —después de un proceso de transformación— se presenta en productos terminados para luego entregarlas a los clientes a través de la distribución, mediante cuatro eslabones que comprenden varios sistemas de intereses grandes y complejos (Apolinario & Guevara, 2021) (Arruda, 2018):

1. Los suministros
2. La fabricación
3. La distribución
4. Los consumidores

Autores como Ramírez, Velázquez, & Carmona (2017), la definen como la cadena de proveedores, fábricas, almacenes, centros de distribución y detallistas, a través de los cuales se adquieren las materias primas, se transforman y se envían al cliente. En Arruda (2018) le confieren la importancia de la cadena de suministros, a la relación y dependencia que existe entre sus elementos, desde el punto de origen del producto o servicio hasta el punto de consumo del mismo, lo cual indica para los autores, que su estudio se constituye en un proceso, a nivel de gerencia, que permite a las organizaciones adquirir e incrementar el nivel de competitividad y por ende su rentabilidad. Para Ovalle (2022) constituye una actividad primordial para la generación de compromiso y confianza, atributos necesarios para una integración de la cadena óptima.

INTEGRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO

La integración de la cadena de suministro es considerada como factor importante, sobre todo cuando se quieren lograr objetivos comunes. Autores como Sablón-Cossío, Orozco Crespo, Pulido-Rojano, Acevedo-Urquiaga, & Ruiz Cedeño (2021), plantean que a nivel global se manifiestan cambios en la forma de administrar y conformar los negocios, y cambios en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, de donde se infiere la necesidad de interconexión entre varias empresas, entidades y organismos, que se denominan actores de la cadena de suministro y de ahí se deriva la necesidad de integración de las cadenas de suministro a nivel internacional y nacional, para, entre otras razones, buscar proveedores que puedan garantizar el abastecimiento con componentes de alta calidad y a un bajo precio. La integración de la cadena de suministro puede proporcionar mecanismos de respuesta a las empresas que enfrentan el riesgo de la cadena de suministro, para superar a otros en el desempeño de la agilidad (Sadiq Jajja, Chatha, & Farooq, 2018).

En el área de servicio al cliente es donde se encuentra la capacidad distintiva de una organización, de manera que el éxito dependerá del nivel de interrelación entre los actores de la cadena de suministro; las empresas más exitosas, serán aquellas que logren verse a sí mismas como parte de un sistema integrado (Ploos van Amstel, van Goor, & Ploos van Amstel, 2019).

Se pueden obtener ventajas genuinas a través de la integración de la cadena de suministro (Ploos Van Amstel *et al.* 2019).

La tecnología del Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) integrada con el *blockchain*, ha sido uno de estos enfoques (Nonzoque, Guzmán, & Rodríguez, 2020) (Huang, Holtskog, & Wan, 2020). Se plantea que uno de los aportes del *blockchain* en la cadena de suministros es la trazabilidad de activos fijos, en el que cada uno de los actores de la cadena se integra a la red como iguales, haciendo seguimiento en tiempo real; también, la combinación de la tecnología de identificación de radio frecuencia (RFID, por sus siglas en inglés) y la minería de procesos para un mejor análisis de la cadena de suministro (Gerke, Claus, & Mendling, 2009).

En una cadena de suministro, la toma de decisiones ocurre en tres niveles diferentes: nivel de diseño, nivel táctico y nivel de ejecución. La falta de integración da lugar a brechas de información entre las tres capas, lo que afecta la capacidad de toma de decisiones (Verma, Koul, & Singh, Intelligent Decision-Making: Using Control Tower, 2020). Por otra parte, el riesgo de la cadena de suministro puede motivar a las empresas a integrar su cadena de suministro para mejorar el rendimiento de la agilidad y exponer los beneficios de la toma de decisiones conjuntas entre las partes interesadas (Sadiq Jajja, Chatha, & Farooq, 2018).

TORRES DE CONTROL DE CADENAS DE SUMINISTRO

Uno de los desarrollos más relevantes en cuanto a la analítica y visualización de datos para la toma de decisiones, se presenta en aquellas cadenas de suministro donde se han implementado torres de control como respuesta a retos en términos de visibilidad y optimización de estas (Barbosa, Bonilla, Gacharná, Valdés, & Xárdenas, 2019).

La torre de control de la cadena de suministro se analiza en relación con las cadenas de suministro inteligentes. Con los cambios del siglo XXI, las empresas comenzaron a desarrollar las torres de control de las cadenas de suministro (SCCT, por sus siglas en inglés) principalmente como respuesta a la mayor complejidad asociada a la globalización de estas (Vlachos, 2021). Inicialmente, las SCCT se denominaban torres de control logístico y se centraban en el transporte.

Las torres de control en el área de la logística no se refieren a una torre física, sino a un centro de acopio de información. Son sistemas que, por medio de sistemas de inteligencia artificial, son capaces de procesar, analizar y optimizar procesos logísticos por medio del análisis predictivo de la información (Ovalle, 2022). También, pueden identificar puntos de quiebra y oportunidades de mejora en la cadena de suministro. Esto resulta en ahorro de tiempo y costos, mediante procesos logísticos eficientes, donde la atención y satisfacción del cliente toma prioridad. Las torres de control desempeñan un papel importante para la coordinación de la

tecnología, la organización y los procesos requeridos para lograr visibilidad, apropiación y uso de datos de la cadena de suministro, con el propósito de alcanzar los objetivos estratégicos (Сергеев, Сергеев, & Хлобыстова, 2020) (DHL, 2021).

Una torre de control debe incluir un sistema inteligente de soporte de decisiones, que utilice modelos y tecnologías para romper las barreras entre las empresas en la red de la cadena de suministro, pues se plantea que cada empresa opera bajo su propio riesgo y debe gestionar el riesgo por su cuenta, aun así, hacen referencia a la interconexión de las empresas en la red y la dependencia entre unas de otras, por lo que además sugieren la utilidad de compartir parcialmente el proceso de gestión de riesgos y desarrollar métodos colaborativos para gestionarlos (Ye *et al.*, 2022) (Ye, Zaraté, & Kamissoko, 2022). Algunos autores: Busse, Schleper, Weilenmann, & Wagner (2017), Taylor (2005), Carter *et al.* (2015), Durach *et al.* (2015), Yu y Goh (2014), Spekman y Davis (2004), han reconocido la influencia de la falta de visibilidad en las cadenas de suministro, como un factor crítico para la gestión eficaz de riesgos de esta, refiriendo que puede causar déficits de conocimiento, pérdida de control y desconfianza, aumentando así también los riesgos en el ámbito de la sostenibilidad y la responsabilidad social corporativa.

Entre los distintos procesos en la cadena de suministro, la última milla es considerada la etapa más costosa, ineficiente, contaminante y, a la vez, es una de las etapas más vitales para las empresas, porque es donde los clientes tienen un contacto físico y directo con un representante de la empresa (López, Marrero, Feria, Espina, & Lugo, 2021).

Las tendencias actuales de gestión hacen que las empresas se inclinen por la satisfacción del cliente, como una de las metas más importantes de la organización, en tal sentido y a raíz de la pandemia mundial de la COVID-19, las empresas se vieron obligadas a reconocer cuán críticas son la visibilidad y la capacidad de recuperación de la cadena de suministro (Navarro, 2021) (Lopez, Marrero, Feria, Espina, & Lugo, 2021), para gestionar las interrupciones y equilibrar la oferta y la demanda, teniendo en cuenta que a mayor visibilidad mayor oportunidad para la organización, de que sus cadenas de suministros satisfagan las demandas crecientes de los clientes.

VISIBILIDAD DE LA CADENA DE SUMINISTROS MEDIANTE LA TORRE DE CONTROL

La visibilidad en la cadena de suministro (SCV, por sus siglas en inglés) es la capacidad de trazar, monitorear y obtener información durante el proceso logístico, con el fin de tomar decisiones que optimicen las operaciones, aumenten las capacidades de respuestas al cliente y resuelvan problemas no esperados (Patsavellas, Kaur, & Salonitis, 2021) (Navarro, 2021) (Somapa, Cools, & Dullaert, 2018). Es una clave para ayudar a equipar a las empresas para gestionar las interrupciones y equilibrar de manera más eficaz la oferta y la demanda, de modo que las cadenas de suministro puedan volverse más centradas en el cliente, receptivas y ágiles (Pérez, 2020) y ayuda a una empresa tanto dentro como fuera de los límites de la organización (Akben & Özel, 2017). Para autores como Messina *et al.*, 2022 y Messina, Soares, Barros, & Zimmermann (2022), la SCV se refiere a la capacidad de los actores de SC para tener acceso

y proporcionar la información requerida oportunamente, desde y hacia socios relevantes de la SC para un mejor apoyo en la toma de decisiones.

En las últimas décadas muchas organizaciones optimizaron con éxito funciones separadas dentro de la cadena de suministro, adoptando tecnologías como sistemas avanzados de planificación (APS) y sistemas de gestión de almacenes (WMS), complementados con soluciones a medida y las aún omnipresentes herramientas basadas en hojas de cálculo. Pero si bien estos sistemas ofrecieron valor para sus respectivas áreas funcionales, dejaron a las organizaciones con un panorama de soluciones de «mosaico», a menudo débilmente vinculado con mínima colaboración interfuncional. Organizaciones líderes como DHL, cuentan con sistemas como el de gestión de transporte (TMS, por sus siglas en inglés), que proporcionan el motor para la digitalización. Se plantea que estos sistemas, cuando son bien aplicados, permiten eliminar los puntos ciegos en el proceso de transporte, pero aun así, no representan una solución digital completa, a menos que se logre la integración de sus operadores (Naik & Kumar, 2021).

En Busse, Schleper, Weilmann, & Wagner (2017), los autores hacen referencia a que la visibilidad de la cadena de suministro puede definirse ampliamente como «trazabilidad y transparencia del proceso de la cadena de suministro» y hacen alusión al artículo de Carter *et al.* (2015), donde los autores lamentan que la perspectiva actual de la disciplina sobre las cadenas de suministro pueda estar demasiado simplificada, pues refieren que, en primer lugar, los académicos y los profesionales suelen descuidar a importantes actores de apoyo que no participan directamente en el flujo de materiales de una etapa a otra y, en segundo lugar, a menudo los límites reales de una cadena de suministro no están claros y este límite de visibilidad plantea un grave problema de gestión, ya que «más allá del rango visible el agente no tiene más remedio que aceptar lo que allí sucede».

Una torre de control es un centro de visualización para la toma de decisiones, a partir del análisis de escenarios en tiempo real; cuando es implementada en la cadena de suministro ofrece visibilidad de extremo a extremo y permite tener transparencia en las operaciones (Messina, Soares, Barros, & Zimmermann, 2022). Los autores Verma, Koul, & Singh (2020) consideran que la falta de transparencia en la ejecución de los procesos junto con la falta de acciones para abordar los problemas, pueden contribuir al sistema mal administrado, es por eso que proponen en su artículo un marco de modelado utilizando el algoritmo neuronal difuso, donde muestran las torres de control, como herramienta de visualización para la toma de decisiones, búsqueda de posibilidades, autoaprendizaje y prevención de situaciones no deseadas, donde plantean que la CT sirve como plataforma para el control de la ejecución de los procesos de la cadena de suministro en el sistema logístico, al revisar los procesos, visualizar el estado, registrar desviaciones y proporcionar información útil a través de métodos de optimización para una toma de decisiones sólida. La CT puede verse como parte de una plataforma de orquestación de múltiples partes, elimina la segmentación y ayuda a optimizar los procesos en todas las organizaciones (Patsavellas, Kaur, & Salonitis, 2021).

La torre de control hace que un proceso complejo de varios niveles sea más fácil de monitorear y controlar. Puede aceptar pedidos de varios sistemas de planificación de recursos

empresariales (ERP, por sus siglas en inglés), ofrecer visibilidad procesable del inventario, los pedidos y el transporte, y sentar las bases para la inteligencia y la optimización en los flujos entrantes, salientes e inversos (Patsavellas, Kaur, & Salonitis, 2021) (Ji, Tian, Zhang, & Hai-liang, 2013).

Es recomendable considerar una torre de control en la cadena de suministros dependiendo de su nivel de complejidad y las capacidades operacionales a nivel de empresa. Algunos ejemplos de ventajas de implementar una torre de control logístico son (driv.in, 2022):

- Mayor control en la planificación de rutas.
- Mejora continua con optimización de rutas.
- Monitoreo en tiempo real de la flota vehicular.
- Utilización de analítica predictiva en la toma de decisiones.
- Visualización de la cadena de suministro en tiempo real.
- Automatización de procesos logísticos.
- Envío y recepción de notificaciones.
- Resolución de problemas de manera rápida y eficiente.

Las torres de control ofrecen servicios y soluciones almacenadas en nubes, además del manejo de *Big Data*, el sistema es capaz de identificar potenciales problemas en el momento en el que se producen y eso sumado a la capacidad de enviar alertas automatizadas a los actores principales en tiempo real, ofrece una solución efectiva y rápida, en un contexto cada vez más exigente a la hora de resolución de problemas y sobrepasar las barreras, garantiza la satisfacción del cliente. Las características fundamentales de una torre de control son que contengan como mínimo las capacidades siguientes:

- Visibilidad en tiempo real, desde el inicio a fin de la cadena de suministros, tanto para los proveedores de bienes de consumo y operadores logísticos, como funcionarios, choferes, clientes, y otros.
- Recopilación y envío de información en tiempo real.
- Alertas en tiempo real en caso de un quiebre en la cadena de suministros.
- Analítica avanzada y análisis de información predictiva.
- Toma de decisiones automatizada, apoyada por aprendizaje automático (*machine learning*), para que la cadena de suministros pueda auto corregirse a medida que sea necesario.

De acuerdo con la compañía Gartner (Verwijmeren, 2022), la tecnología de torres de control se introdujo en el panorama de la gestión de cadenas de suministros, para lograr una mayor visibilidad y una colaboración más eficiente dentro del ecosistema en evolución. Consideran que estas tecnologías se ha adaptado de una solución limitada que abarcaba solo la gestión del transporte, a una capacidad más integral y holística, para adaptarse a la creciente demanda de mayor integración de sistemas, eficiencia, inteligencia y velocidad.

Según encuesta de la compañía sobre «La Tecnología de la Cadena de Suministro que los Usuarios Quieren y Necesitan», de 2022, algunas tendencias que harán cada vez más necesario el uso de las torres de control en el panorama de gestión de las cadenas de suministro son:

1. **Visibilidad de extremo a extremo:** permite que los flujos puedan ser multidireccionales y adaptarse para ajustarse a las especificaciones del pedido y varios niveles de servicio. Propicia que se puedan obtener conocimientos a gran escala sobre la disponibilidad y el ciclo de vida del producto al observar vistas granulares y holísticas de las operaciones de la cadena de suministro, lo que significa que los decisores tendrán datos de mejor calidad para basar sus decisiones.
2. **Soluciones dentro de la aplicación:** permite soluciones rápidas y ofrecen funcionalidad en la aplicación, lo que significa que los usuarios pueden ejecutar cambios dentro del *software* SCM/SCP, lo que reduce la cantidad de tiempo necesario para monitorear y modificar los pedidos según sea necesario.
3. **Objetivos de sostenibilidad y monitoreo de Gases de Efecto Invernadero (GEI):** permite que los usuarios puedan ingresar parámetros sobre un pedido y luego optimizar el flujo del producto según los estándares EN 16258 y el marco GLEC y que los socios de la cadena de suministro también puedan calificarse según las emisiones de GEI, la eficiencia del combustible y otros valores ponderados no monetarios para facilitar el proceso de selección de socios.
4. **Inteligencia integrada, ciencia de datos y aprendizaje automático:** los sistemas de torre de control de la cadena de suministro que están integrados en toda la red tienen acceso a un grupo de datos que crece continuamente y se vuelve más confiable. Cuando se producen actualizaciones en tiempo real desde múltiples canalizaciones de datos, la información suele ser más representativa de las condiciones reales. La ciencia de datos y el aprendizaje automático posibilitan que se agreguen datos y luego aplicar información a la estrategia y la planificación.

Entre los beneficios clave de implementar una torre de control se identifican tres principales ventajas según Сергеев, *et al.* (2020), como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Beneficios clave de las torres de control (adaptado de Сергеев, Сергеев b, & Хлобыстова (2020))

Visibilidad	Analítica	Ejecución
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Monitoreo en tiempo real ▪ Tableros ▪ Generación de alarmas ▪ Integración de plataformas B2B 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de causa raíz ▪ Respuesta rápida ▪ Modelado de un escenario de «qué pasaría si» ▪ Análisis de riesgos ▪ Gestión de riesgos 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Difusión de información y planes ▪ Supervisión de la calidad del rendimiento ▪ Mejora continua

A pesar de las claras ventajas de las torres de control para la visibilidad de extremo a extremo de la cadena de suministro, muchas veces no se logra este objetivo, porque las infraestructuras

empleadas para su despliegue frenan su verdadero potencial. La agilidad de una plataforma basada en la nube ofrece la infraestructura necesaria para proporcionar un modelo de plataforma como servicio (PaaS), para configurar, ejecutar y administrar aplicaciones o casos de uso de soluciones. Disminuye la necesidad de recursos de TI y aprovecha el uso de interfaces de programación de aplicaciones (API), así como microservicios y una biblioteca de conectores para sistemas de terceros. Una plataforma de torre de control entregada como PaaS simplifica el presupuesto y la planificación de recursos, además de permitir la entrega de resultados con mayor eficiencia.

La revisión teórica de los conceptos relacionados pertinentes, que algunos autores le atribuyen a los componentes del presente trabajo investigativo, se resume en la tabla 2.

Tabla 2. Resumen del marco conceptual de torres de control en este estudio

Autor	Concepto	Definición	Criterios principales
Navarro (2021)	Cadena de suministro	Conjunto de actividades que incluyen el diseño de un servicio o producto y en el que participan una serie de actores (alcance que finaliza en la entrega a fuente de consumo) que deben estar coordinados para que se cumplan las expectativas requeridas.	Define la torre de control como un sistema central para recolectar, visualizar y analizar las variables y el progreso de la cadena de suministro, alertando desviaciones que den lugar a acciones correctivas con el fin de alinear el desempeño con la estrategia de la organización.
Ramírez <i>et al.</i> (2017)	Cadena de Suministro	Es una cadena de proveedores, fábricas, almacenes, centros de distribución y detallistas, a través de los cuales se adquieren las materias primas, se transforman y se envían al cliente.	La eficiente gestión de la cadena de suministro se puede lograr encontrando oportunidades de mejora en las áreas. Proponen la aplicación de la herramienta de manufactura esbelta conocida como A3 (desarrollada por Toyota para la toma de decisiones, que se fundamenta en el ciclo DEMING).
Nonzoque <i>et al.</i> (2020)	Cadena de suministro	Flujo de información y de materiales a lo largo de un conjunto de actores con el fin de ofrecer un bien al consumidor que lo demanda.	Los autores proponen un sistema de mejora de gestión de la información basado en el uso de tecnología en puntos estratégicos de la cadena, por medio del análisis cualitativo de los procesos de gestión y los factores que los componen a través de la tecnología del IoT integrada con el <i>blockchain</i> para el acopio, el almacenamiento y la gestión de la información a lo largo de la cadena de suministro.
Charlampowicz & Mankowski (2017)	Eficiencia de tiempo de la cadena de suministro	Es una característica conectada con la gestión ágil, que asume la capacidad de cumplir con las expectativas del cliente en el contexto de una reducción del tiempo de entrega.	El análisis de esta información puede ser útil para encontrar cuellos de botella en la cadena de suministro, y luego cooperar con otros participantes de la cadena de suministro para encontrar soluciones para disminuir el tiempo requerido en la entrega.
Vlachos (2021)	Cadena de suministro inteligente	Sistemas sociotécnicos que combinan tecnologías avanzadas con habilidades, experiencia y talentos humanos.	La torre de control de la cadena de suministro se utiliza para controlar no sólo la cadena de suministro sino su transición de lineal a inteligente. Se describen los componentes de la tecnología antes de su implementación y se hace referencia a la integración de tecnologías mediadoras y hace alusión a las cuatro barreras en la digitalización de las cadenas de suministro.

Cont.

Autor	Concepto	Definición	Criterios principales
Ye et al. (2022)	Torre de control de la cadena de suministros	Tablero que integra información de toda la cadena de suministro. Integra múltiples fuentes de datos, indicadores clave de rendimiento y fuentes de actividad en la cadena de suministro.	Proponen una torre de control de la cadena de suministro implementada con un sistema de soporte de decisiones para la gestión de riesgos de la cadena de suministro en un entorno de riesgo y datos de múltiples fuentes. Proporcionan un proceso de gestión de riesgos digitales y un enfoque de toma de decisiones en grupo para que las empresas mejoren la resiliencia de su cadena de suministro en un entorno de riesgo de la cadena de suministro.
Сепреев et al. (2020)	Torre de control de la cadena de suministros	Centro centralizado que utiliza datos en tiempo real, sistemas integrados, gestión de datos y sistemas transaccionales, que permite Integración de procesos y herramientas en la cadena de suministro de extremo a extremo, impulsando sus resultados comerciales.	La experiencia de implantación de la Torre de Control ha permitido a empresas líderes a nivel internacional conseguir ventajas competitivas como gestionar y mantener la visibilidad en tiempo real de toda la cadena de Suministro, medir el flujo de productos, pedidos y envíos para establecer indicadores de desempeño con el fin de satisfacer las necesidades de los clientes.
Patsavellas et al. (2021)	Torre de control de la cadena de suministros	Centro de servicios compartidos que, como el gemelo digital de una torre de control de tráfico, ofrece monitoreo en tiempo real del estado y desempeño de las actividades E2E en las SC que se extienden más allá de los límites de la organización central.	La torre de control de la cadena de suministro puede constituir un centro de información digital 4IR que sirva como el «punto único de acceso a la verdad» para todos los tomadores de decisiones, planificadores, equipos de compra y Socios de SC entre organizaciones. Para los autores, las SCCT agregan, correlacionan y distribuyen información para la detección temprana de riesgos y oportunidades, proporcionando la llamada funcionalidad 3M: <i>monitorear, medir y administrar</i> .
Naik et al. (2021)	Torre de control de la cadena de suministros	Incluye personas, procesos, nuevas formas de trabajar, infraestructura tecnológica y datos que, combinados, permitan a una empresa orquestar de manera proactiva todas las funciones de su cadena de suministro para aumentar el valor empresarial.	Las torres de control de la cadena de suministro, a menudo no ofrecen el valor total necesario para ganar en el entorno actual, porque ofrecen visibilidad de extremo a extremo, pero se requieren otras habilidades como la experticia digital de la fuerza laboral de la cadena de suministro, con capacidad de análisis, para una correcta toma de decisiones.

CASO DE ESTUDIO: TORRES DE CONTROL DE CADENAS DE SUMINISTRO EN DHL

DHL ha establecido torres de control logístico en geografías clave (Reino Unido, India, EE. UU. y Hong Kong) para adquirir y gestionar los envíos. Las torres de control también son responsables de administrar el servicio Premium Freight, utilizando la extensa red de transportistas expeditas de DHL que opera en todos los mercados. Una solución de TI sofisticada, SCi (Integrador de la cadena de suministro), respalda las operaciones, creando una visibilidad de los componentes de «extremo a extremo» para todas las colecciones entrantes destinadas a las plantas en el mundo, visibilidad a nivel de pieza individual para todos los envíos entrantes. Se

optimiza la ruta de envío y el llenado de contenedores para garantizar que se diseñe y entregue el plan de transporte más eficiente, con cruces de muelles estratégicos establecidos para la consolidación antes del movimiento posterior (DHL, 2022).

Por su parte, DHL Food Logistics ha estado utilizando el concepto de torre de control desde 2012 y ha demostrado ser particularmente eficaz para los grandes productores de alimentos envasados. Durante la crisis de la COVID-19, el suministro de alimentos para minoristas y consumidores siguió funcionando de forma eficaz y fluida como están acostumbrados. La torre de control ha garantizado que los procesos detrás del sistema funcionen sin problemas (DHL-freight, 2020).

El líder logístico DHL ha continuado desarrollando esta tecnología y hoy está potenciando las torres de control conectadas a nivel incluso regional. DHL Supply Chain Iberia anuncia la inauguración de su nueva torre de control conectada, desde la que centraliza la gestión de las operaciones de transporte del operador para la península ibérica, islas y transporte internacional. El nuevo eje central implica la integración de todos los procesos logísticos de DHL dentro y fuera de la compañía, tanto de los proveedores como de los clientes y los clientes de estos, y ofrece visibilidad de la cadena de suministro de principio a fin, así como capacidad de análisis en tiempo real de la red de transporte diseñada por el operador para sincronizar el transporte y minimizar los riesgos operativos. La nueva torre de control conectada de DHL es una plataforma multicliente, que da servicio a todos los sectores de actividad. Gestionará un volumen anual de más de 2,1 millones de operaciones y establecerá más de 254 000 rutas cada año para las industrias de automoción e ingeniería, consumo, sanitaria y farmacéutica, retail y de tecnologías de la información con las que trabaja DHL Supply Chain mayoritariamente (Logística Profesional, 2022).

REQUERIMIENTOS DE UNA TORRE DE CONTROL PARA LA CADENA DE SUMINISTRO DE LA EMCI

A partir de considerar los elementos conceptuales descritos anteriormente, así como las ventajas que ofrecen las torres de control para optimizar el funcionamiento de las cadenas de suministro, se pueden sintetizar los principales requerimientos que debe tener una torre de control para la cadena de suministro de paquetería internacional, con el objetivo de contribuir a la mejora de la eficiencia operacional. Por una parte, se requieren capacidades a diferentes niveles:

- Capacidad de comunicación con los socios o eslabones de la cadena, mediante el envío y la recepción de información. Esa comunicación es más efectiva cuando los socios hablan el mismo lenguaje. En ese caso, se necesita la funcionalidad para configurar líneas privadas de comunicación con socios a través de API, por ejemplo, o para usar información de otras fuentes, como Internet de las Cosas.
- Capacidad de colaboración entre los socios de la cadena, por medio de compartir y acceder a un conjunto común de datos maestros. Para facilitar la colaboración es necesario definir los roles de todos los socios y los flujos de trabajo que los conectan.

- Control de procesos operativos, como la gestión de proveedores, el seguimiento y la localización de productos, la ejecución de órdenes de transporte y la gestión de las relaciones con los clientes.

Para lograr el efecto esperado de una torre de control se necesita también:

- Concientizar a los directivos sobre la importancia de ver la cadena de suministro como una red, donde el análisis de los tiempos de entrega incluya tanto la última milla como el cliente final.
- Capacitar a todos los actores para crearles habilidades, fundamentalmente a los responsables de interpretar los datos y a los que deben tomar las decisiones en cada proceso, para que realmente sea efectiva y ágil la gestión de la cadena de suministro.
- Tener una clara valoración de sus personas, procesos y capacidades tecnológicas actuales, tanto dentro de la empresa como entre sus operadores logísticos.

CONCLUSIONES

La torre de control en la cadena de suministro se ha demostrado que constituye una tecnología capaz de ofrecer la visibilidad de extremo a extremo y de proveer herramientas analíticas que ayudan significativamente en los procesos de toma de decisión. Sin embargo, para su efectividad es necesario crear condiciones organizativas (por ejemplo, fortalecimiento de capacidades en el personal y colaboración) y tecnológicas (por ejemplo, infraestructuras de conectividad, Plataformas como Servicio desde la nube, y estándares técnicos de comunicación, como las API). Otras cuestiones importantes están relacionadas con el desarrollo de capacidades y habilidades de empleados y directivos en todos los eslabones de la cadena.

Los requerimientos para el diseño de una torre de control en la cadena de suministros de las empresas de Correos de Cuba, marcan el comienzo de la estrategia de implementación de una tecnología que permitirá monitorear y visibilizar los datos de los envíos y facilitará su uso efectivo a lo largo de toda la cadena. Ello puede contribuir a mejorar la eficiencia de la operación por parte de cada uno de sus eslabones (aduana, operadores logísticos, centros de clasificación de Correos de Cuba y las unidades de distribución en la última milla) y, particularmente, a mejorar la satisfacción del consumidor que clama por un servicio de mayor calidad y transparencia.

Referencias bibliográficas

Akben, İ., & Özel, M. (2017). Tedarik Zinciri Görünürlüğü: Kontrol Kulesi Yaklaşımı Supply Chain Visibility: Control Tower Approach. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 16(3): 612-627. doi:10.21547/jss.306811

- Anggoro, B. K., Hubeis, M., & Sailah, I. (2018). Information system interoperability maturity model. *Bulletin of Social Informatics Theory and Application*, 2(1): 22-33. doi:10.31763/businta.v2i1.103
- Apolinario, R., & Guevara, D. (2021). El efecto mediador de la capacidad ejecutiva para la innovación entre la gestión del conocimiento y el rendimiento de la cadena de suministros. *Información tecnológica*, 32(1): 151-168. doi:http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000100151
- Arruda, D. (2018). Requirements engineering in the context of big data applications. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 43(1): 1-6.
- Barbosa Guzmán, L. M., Bonilla Pérez, L. M., Gacharná Díaz, J. J., Valdés Hernández, A. M., & Cárdenas Ramos, A. (2019). *Método para la implementación de una torre de control de inventarios en Promed Quirúrgicos*. Trabajo de grado en modalidad de aplicación, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ingeniería, Bogotá, Colombia. Recuperado en abril de 2022
- Burns, T., Cosgrove, D., & Doyle, F. (2019). A Review of Interoperability Standards for Industry 4.0. *29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2019)*, p. 646-653. Ireland: Elsevier B.V. Recuperado en mayo de 2022, de www.sciencedirect.com
- Busse, C., Schleper, M. C., Weilenmann, J., & Wagner, S. M. (2017). Extending the supply chain visibility boundary: Utilizing stakeholders for identifying supply chain sustainability risks. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 47(1): 18-40. doi:10.1108/IJPDLM-02-2015-0043
- Сергеев, В., Сергеев, И., & Хлобыстова, К. (2020). Проблема видимости цепи поставок и использование концепции Supply Chain Control Tower. *Логистика*, 3(160), 35.
- Charłampowicz, J., & Mańkowski, C. (2017). Maritime Container Supply Chain Efficiency Indicators-Selected Issues For Research And Applications. *Challenges And Modern Solution In Transportation*.
- Devang, V., Chintan, S., Gunjan, T., & Krupa, R. (2019). Applications of Artificial Intelligence in Marketing. *Annals of "Dunarea de Jos" University of Galati*, 25(1): 28-36.
- DHL (2021). Recuperado el 24 de abril de 2022, de <https://www.dhl.com/jp-en/home/press/press-archive/2021/dhl-supply-chain-launches-connected-control-tower.html>
- DHL-freight (12 de 11 de 2020). *FRIGHT Connection-Solutions*. Recuperado el 15 de septiembre de 2022, de Food logistics and COVID-19: DHL FoodLogistics' Control Tower has many advantages: <https://dhl-freight-connections.com/en/solutions/the-impact-of-covid-19-on-food-logistics/>
- Dogan, O., Ayyar, B., & Cagil, G. (septiembre de 2019). Process-Oriented Evaluation of Customer Satisfaction: Process Mining Application in a Call Center., p. 172-181. doi:<https://www.researchgate.net/publication/336210412>
- driv.in. (2022). *Cadena de Suministro*. Recuperado el 6 de mayo de 2022, ¿Qué es una torre de control?, de <https://blog.driv.in/es/que-es-una-torre-de-control/>

- Erdogan, T. G., & Tarhan, A. (abril de 2018). Systematic Mapping of Process Mining Studies in Healthcare. *IEEE Access* 6, p. 24543-24567. Recuperado el 4 de marzo de 2022, de <https://www.researchgate.net/project/Process-Mining-in-Healthcare-2>
- Gaspar, P. G., Ceryno, P. S., Ferrer, A. L., & Tavares Thomé, A. M. (2020). Phases and tools for supply chain risk management: a systematic literature review. *Gestão & Produção*, 27(3): e4227. doi:10.1590/0104-530X4227-20
- Gerke, K., Claus, A., & Mendling, J. (2009). Process Mining of RFID-based Supply Chains. *2009 IEEE Conference on Commerce and Enterprise Computing*, p. 285-292, IEEE.
- Harsanto, B. (2022). Big Data Analytics in the Supply Chain In Indonesia. *Advances in Science and Technology*, 112, p. 163-168. doi:10.4028/p-6aawzh
- Huang, L., Holtskog, H., & Wan, P. K. (marzo de 2020). Blockchain-enabled information sharing within a supply chain: A systematic literature review. *IEEE access*, 8, p. 49645-49656. doi:10.1109/ACCESS.2020.2980142
- Ji, S., Tian, Y., Zhang, Z., & Hailiang, L. (2013). Research on the FMCG Supply Chain Quality Control Tower System and Operation Mechanism. *Advanced Materials Research*, 694(697): 3610-3613. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.694-697.3610
- Kumar, P. (25 de agosto de 2021). *Supply Chain & Operations insights*. Recuperado el 17 de mayo de 2022, de accenture: <https://www.accenture.com/us-en/blogs/business-functions-blog/supply-chain-control-tower>
- Lezoche, M., Panetto, H., & Aubry, A. (2011). Conceptualisation Approach For Cooperative. *13th International Conference on Enterprise Information Systems, ICEIS 2011*, Beijing, China. doi:10.5220/0003508401010110
- Logística Profesional (2022). Obtenido de DHL inaugura su nueva torre de control digitalizada que centraliza su logística de transporte nacional e internacional: <https://www.logisticaprofesional.com/texto-diario/mostrar/3502391/dhl-inaugura-nueva-torre-control-digitalizada-centraliza-logistica-transporte-nacional-e-internacional>
- Lopes Martínez, I., Marrero Durán, S. P., Feria Martínez, M. A., Espina Martín, Y., & Lugo Almaguer, A. (2021). Impacto de la COVID-19 en las cadenas de suministro globales: caso comercio electrónico. *Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial*, 5(1): 18-36. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/350801994>
- Messina, D., Soares, A. L., Barros, A. C., & Zimmermann, R. (2022). How visible is your supply chain? A model for supply chain visibility assessment. *In Supply Chain Forum: An International Journal*, p. 1-13. doi:10.1080/16258312.2022.2079955
- Naik, S., & Kumar, P. (2021). The New Essential for Supply Chains: Intelligent Execution Control Tower Part I. *Supply Chain Management reveiw*. Recuperado el 26 de abril de 2022, de Accenture: <https://www.accenture.com/us-en>
- Navarro Arango, O. A. (2021). Implementación de la torre de control para la administración de riesgos operativos en empresas de transporte terrestre de carga en Colombia. *Tesis Doctoral, Universidad EAFIT*. Medellín.

- Nilsson, J., & Sandin, F. (2018). Semantic Interoperability in Industry 4.0: Survey of Recent Developments and Outlook. En IEEE. (Ed.), Nilsson, J., & Sandin, F. (2018, July). *Semantic interoperability in industry* In 2018 IEEE 16th international conference on industrial informatics (INDIN), p. 127-132.
- Nonzoque Herrera, A., Guzmán, L. C., & Rodríguez, J. I. (30 de enero de 2020). Gestión de información de la cadena de suministro. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, E(28): 1051-1064.
- Ovalle Paulino, C. (enero de 2022). Predictive model based on Machine Learning for the Supply Chain and its influence on the logistics management of car sales company. *ICCMB 2022: 2022 5th International Conference on Computers in Management and Business*. doi:DOI: 10.1145/3512676.3512713
- Panetto, H., & Cecil, J. (2013). Information systems for enterprise integration,. *Enterprise Information Systems*, 7(1): 1-6. doi:https://doi.org/10.1080/17517575.2012.684802
- Patsavellas, J., Kaur, R., & Salonitis, K. (2021). Supply chain control towers: Technology push or market pull-An assessment tool. *IET Collaborative Intelligent Manufacturing*, 3(7): 290-302. doi:10.1049/cim2.12040
- Pérez Ramírez, R. (2020). *Políticas, Casos de estudio, Técnicas de simulación y programas de competencias en la educación de logística y cadena de suministro en México*. doi:10.35429/H.2020.1.1.14
- Ploos van Amstel, W., van Goor, A., & Ploos van Amstel, M. (2019). Supply chain control and assessment. *European distribution and supply chain logistics*. doi:DOI: 10.4324/9781003021841-21
- Sadiq Jajja, M. S., Chatha, K. A., & Farooq, S. (s.f.). Impact of supply chain risk on agility performance: Mediating role of supply. *International Journal of Production Economics*, 205, p. 118-138. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.08.032
- Somapa, S., Cools, M., & Dullaert, W. (2018). Characterizing supply chain visibility – a literature review. *The International Journal of*, 29(1): 308-339. doi:10.1108/IJLM-06-2016-0150
- Stuart Cárdenas, M. L., Prieto del Río, D. R., Quial Sotolongo, J. A., Delgado Fernández, T., & Delgado Fernández, M. (junio de 2021). Mejora a la gestión de información. *Revista cubana de transformación digital*, 2(2): 24-40.
- Stuart Cárdenas, M. L., Prieto del Río, D. R., Quial Sotolongo, J. A., Delgado Fernández, T., & Delgado Fernández, M. (2021). Mejora a la gestión de información en el proceso de servicio postal universal. *Revista Cubana de Transformación Digital*, 2(2), 24. *Revista Cubana de Transformación Digital*, p. 24-40.
- Suárez Fernández, P., Villar Ledo, L., Infante Abreu, M. B., & Guillén García, J. (mayo de 2020). Aplicación de patrones visuales en el diagnóstico de sistemas de información. *Revista Cubana de Ingeniería*, XI(2).
- Sudrajat, A., Sudirman, I., & Prasetyo, R. (2020). Digitalization of logistics processes and comparison with several Asian countries related to logistics information systems. *Solid State Technology*, 63(3): 2824-2836.

- Verma, R., Koul, S., & Singh, G. (2020). Intelligent Decision-Making: Using Control Tower. *2020 IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)*, p. 550-554. doi:10.1109/GUCON48875.2020.9231108
- Verma, R., Koul, S., & Singh, G. (2020). Intelligent Decision-Making: Using Control Tower at a Logistics Company. *2020 IEEE International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON)*. doi:10.1109/GUCON48875.2020.9231108
- Verwijmeren, M. (2022). MPO Solution Guide. Obtenido de Top 5 Trends for Supply Chain Control Towers in 2022: <https://www.mpo.com/blog/supply-chain-control-tower-trends>
- Vlachos, I. (2021). Implementation of an intelligent supply chain control tower: a socio-technical systems case study. . *Production Planning & Control*, p. 1-17. doi:10.1080/09537287.2021.2015805
- Ye, C., Zaraté, P., & Kamissoko, D. (2022). A DSS Based on a Control Tower for Supply Chain Risks Management. *Decision Support Systems XII: Decision Support Addressing Modern Industry, Business, and Societal Needs*, p. 124-136. doi:10.1007/978-3-031-06530-9_10

Copyright © 2022 Walwyn Fuentes, M., Delgado Fernández, T., Stuart Cárdenas, M. L.



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Atribución-No Comercial 4.0 Internacional