



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO**  
en Celaya



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO EN CELAYA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DETECCIÓN DE FACTORES CLAVE EN LA CADENA DE**  
**SUMINISTRO ACTUAL PARA EMPEZAR A SER**  
**INDUSTRIA 4.0**

**TESIS PROFESIONAL**  
**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PRESENTA:**  
**GIOVANNA GABRIELA RAMÍREZ PEDRAZA**

**DIRECTOR DE TESIS:**  
**M. C. VICENTE FIGUEROA FERNÁNDEZ**

**CO-DIRECTOR DE TESIS:**  
**DR. SALVADOR HERNÁNDEZ**

**CELAYA, GTO., MÉXICO, NOVIEMBRE, 2019**

## Resumen

Esta tesis es el resultado de la investigación sobre cadena de suministro en términos de evaluación, análisis y expansión hacia un modelo de evolución a industria 4.0, el objetivo es siendo para México un tema relativamente reciente, cuál debe ser el primer enfoque para iniciar este cambio a industria conectada. A lo largo de los años se ha evolucionado en 3 pautas industriales, marcadas por el uso de la máquina de vapor, la producción en masa y finalmente la automatización. En el año 2011 surge el termino industria 4.0 como una evolución de la automatización, esto lleva a las industrias a competir en tema de actualización para ser las mejores del mercado. Sin embargo, industria 4.0 es un tema reciente donde nada está dicho y todo puede ser válido como propuesta, siempre y cuando cumpla con el objetivo de conectar todo el proceso para obtener una visualización en tiempo real. En las siguientes líneas se plantean los factores principales a tomar en cuenta en una cadena de suministro actual claves para cambiar a una industria 4.0 basado en la búsqueda bibliográfica y concluido en una comparativa con respecto a las opiniones de autores expertos en el tema de cadena de suministro 4.0. El principal objetivo es identificar que se necesita para iniciar con el cambio hacia migrar a una cadena de suministro 4.0 o cadena de suministro conectada.

## **Abstract**

*This thesis is the result of the research on supply chain in terms of evaluation, analysis and expansion towards a model of evolution to industry 4.0, the objective being for Mexico a relatively recent issue, what should be the first approach to initiate this change to connected industry. Over the years it has evolved into 3 industrial guidelines, marked by the use of the steam engine, mass production and finally automation. In 2011, the term industry 4.0 emerges as an evolution of automation, this leads industries to compete in terms of updating to be the best in the market. However, industry 4.0 is a recent issue where nothing is said and everything can be valid as a proposal, as long as it meets the objective of connecting the entire process to obtain a real-time visualization. In the following lines, the main factor to be taken into account in a supply chain based on the bibliographic search and concluded in a comparison with respect to the opinions of experts in the subject of supply chain 4.0 is considered. The main objective is to identify what is needed to start with the shift towards migrating to a 4.0 supply chain or connected supply chain.*

# ÍNDICE

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
1.2 OBJETIVOS .....	8
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	8
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	8
1.3 HIPÓTESIS .....	9
1.4 JUSTIFICACIÓN .....	9
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 CADENA DE SUMINISTRO Y SUS ORÍGENES .....	11
2.1.1 <i>Definición y funcionamiento de una cadena de suministro modelo actual</i> .....	12
2.1.2 <i>Características de la cadena de suministro</i> .....	14
2.1.3 <i>Cadena de suministro, cadena de valor y logística</i> .....	15
2.1.4 <i>Etapas de la cadena de suministro</i> .....	18
2.2 REDES DE DISTRIBUCIÓN EN LA CADENA DE SUMINISTRO .....	20
2.2.1 <i>Modelos de una red de distribución</i> .....	21
2.2.2 <i>Costes de las redes de distribución</i> .....	24
2.3 CONCEPTOS DE INDUSTRIA 4.0 .....	26
2.3.1 <i>Industria 4.0</i> .....	26
2.3.2 <i>Inicios</i> .....	27
2.3.3 <i>Características</i> .....	28
2.3.4 <i>Herramientas de la Industria 4.0</i> .....	29
2.3.5 <i>Cadena de valor en industria 4.0</i> .....	42
2.4 ESTADO DEL ARTE .....	44
CAPÍTULO 3. MÉTODO.....	49
3.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	49
3.2 METODOLOGÍA .....	49
BIBLIOGRAFÍA .....	75

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Funcionamiento de una cadena de suministro. Fuente: Diseño y operación de sistemas de almacenamiento y manejo de materiales, Torres M., 2015. ....	14
Ilustración 2 Modelo de dirección de una cadena de suministros. Fuente: Ballou, 2004. ....	17
Ilustración 3 Departamentos en la industria. Elaboración propia.....	54
Ilustración 4 Interacción de la cadena de suministro inteligente propuesta. Fuente: Elaboración propia. ....	57
Ilustración 5 Propuesta de cadena de suministro 4.0. Elaboración propia .....	59
Ilustración 6 Encuesta pregunta 1. Elaboración propia. ....	61
Ilustración 7 Encuesta pregunta 3. Elaboración propia. ....	62
Ilustración 8 Encuesta pregunta 5. Elaboración propia. ....	62
Ilustración 9 Encuesta pregunta 6. Elaboración propia. ....	63
Ilustración 10 Encuesta pregunta 7. Elaboración propia. ....	63
Ilustración 11 Encuesta pregunta 8. Elaboración propia. ....	64
Ilustración 12 Grafico pregunta 9. Elaboración propia.....	64
Ilustración 13 Grafico pregunta 10. Elaboración propia.....	65
Ilustración 14 Gráfico pregunta 11. Elaboración propia.....	65
Ilustración 15 Gráfico pregunta 12. Elaboración propia.....	66
Ilustración 16 Gráfico pregunta 13. Elaboración propia.....	66
Ilustración 17 Gráfico pregunta 14. Elaboración propia.....	67
Ilustración 18 Gráfico pregunta 15. Elaboración propia.....	67
Ilustración 19 Gráfico pregunta 16. Elaboración propia.....	68

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Definiciones de logística según perspectiva. Fuente: Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013. Elaboración propia. ....	16
Tabla 2. Etapas de una cadena de suministro. Fuente: Using models to improve the supply chain, 2004, Charles C. Poirier, ST Lucie Press, a CRC Press Company. ....	19
Tabla 3. Fabricación aditiva: tecnologías y aplicaciones, fuente: (Ramírez López-Para & López Soto, 2011).....	40
Tabla 4. Estado del arte. Fuente propia .....	48
Tabla 5. Factores propuestos. Fuente propia.....	50
Tabla 6. Autores vs factores propuestos, Fuente propia. ....	50
Tabla 7. Conceptos de herramientas 4.0. Fuente propia .....	51
Tabla 8. Factores clave propuestos por encuestadores. Elaboración propia .....	68
Tabla 9 Resultados generales de media de las preguntas. Elaboración propia. ...	71
Tabla 10 Factores descartables con coeficiente de correlación. Elaboración propia. ....	72

# Capítulo 1. Introducción

## 1.1 Planteamiento del problema

Estamos en un mundo globalizado donde las tendencias al futuro están en constante cambio. Las tecnologías están avanzando cada vez más, al grado de poder hacer compras en línea con el celular y seguir el trayecto de entrega al cliente en tiempo casi real. Lo mismo pasa para productos como para servicios, esta nueva tecnología digital que conecta ya hoy en día varias funciones, está moviendo la forma en cómo se están haciendo las cosas, es por esto que las industrias ven una oportunidad importante para maximizar la eficiencia sus procesos y hacer llegar el producto al cliente.

Es justo esta demanda por el cliente, la de tener todo en el celular, observando con tiempos reales que es lo que está pasando con las preferencias de sus compras, las que lleva a las industrias a evaluar la introducción de nuevas tecnologías que les permita, primero para los que trabajan en la industria controlar su calidad y proceso para después trabajar en como el cliente va a estar informado.

De forma general y analizando la industria de manera amplia podemos ver la cadena de suministro, que según Ganeshan & Harrison (2010) 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. Las empresas deben evaluar constantemente las cadenas de suministros si quieren ser competitivas, teniendo como objetivo principal asegurar la satisfacción y retención del cliente.

En 2011 surge en Alemania la industria 4.0 para dar nombre al proceso de transformación digital de la industria. La industria conectada 4.0 (o digitalización) consiste en la introducción de las tecnologías digitales en las empresas, automatizando además de los procesos, la cadena de valor para volverlas autónomas. Este concepto viene dado en tecnologías que se organicen por si solas

mediante sensores, computación y comunicaciones, donde los sistemas tengan redes que permitan prever con anticipación datos sobre surtimiento, atención al cliente, y proveedores.

Las industrias si quieren ser parte del futuro, deben generar una ventaja competitiva, esto es, extenderse y expandirse en las cadenas de suministro, preparándose para cambiar a industria 4.0, Binks (2017) comenta que a pesar de la importante inversión involucrada, la Industria 4.0, según encuestas en Europa, promete el retorno de la inversión en sólo dos años. Es importante ver que ya estamos en la era digital, los celulares se conectan con diferentes dispositivos, aplicaciones y fuentes.

El internet ha evolucionado para ser denominado hoy en día internet de todas las cosas, donde ya hay más dispositivos conectados que usuarios. Conectar la cadena de suministro con todas estas tecnologías que se ven involucradas en industria 4.0 representa un verdadero reto, sin embargo debe analizarse cuáles son los factores que determinan que se deba cambiar primero para evolucionar de forma gradual a industria conectada y poderse denominarse así fábrica inteligente.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Detectar los factores clave en la cadena de suministro actual para empezar a ser industria 4.0.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Reunir información acerca de los factores en la cadena de suministro tradicional e industria 4.0.
- Determinar los factores en la cadena de suministro actual e industria 4.0.
- Comparar y analizar los factores en las cadenas de suministro; sistema actual e industria 4.0.

- Detectar los factores de la cadena de suministro que se necesitan enfocar para empezar a ser industria 4.0.

### **1.3 Hipótesis**

Es factible hacer una detección de los factores clave de una cadena de suministro actual para empezar a cambiar a una industria 4.0.

### **1.4 Justificación**

Hemos pasado por evoluciones importantes que han marcado y escrito la historia a lo largo del desarrollo humano. Desde la época en lo que todo se hacía artesanal, hasta que un solo clic en la pantalla del celular ya tenemos un producto en la puerta de nuestra casa. En esta tesis se parte desde la historia de la primera revolución industrial, donde el principal factor determinante fue la introducción de la máquina de vapor para ayudar a los equipos de producción mecánicos, la segunda revolución se da con la producción en masa mediante la división de tareas y la introducción de la energía eléctrica, la tercera revolución industrial se da por el uso de tecnologías de información y electrónica para automatizar los procesos, que sería la revolución actual y la cuarta revolución que es la que se pretende marcar el cambio, donde se hace uso de sistemas ciber físicos.

Un sistema ciber físico CPS hace referencia a Cyber Physical System, según González (2012) es un sistema en donde los componentes físicos y computacionales trabajan en total coordinación para el servicio del hombre y tiene como característica principal la dependencia de producir y requerir información en tiempo real. Estos sistemas aplicados a la industria van a permitir la comunicación en tiempo real no solo de personas, sino de procesos, maquinas, servicios, proveedores, logística, en si comunicar todo. Es así como surge el tema de investigación de esta tesis, enfocada principalmente a la cadena de suministro de la industria, llamaremos cadena de suministro tradicional a la cadena que conecta los proveedores, las fábricas y la distribución hasta la llegada al cliente. Lo principal es determinar aquellos factores clave para empezar a como industria a considerarse

industria 4.0, partiendo de los conceptos básicos que estas nuevas tecnologías requieren.

El conocimiento acerca de la cadena de suministro en una industria 4.0 está poco documentado, es un hecho que a estas alturas nada está definido y cualquier propuesta es aceptada siempre y cuando cumpla con los elementos que está manejando 4.0 para conectarse como lo son:

- a) Big data y análisis de datos
- b) Almacenamiento en la nube
- c) Ciberseguridad
- d) Robótica
- e) Internet de las cosas
- f) Simulación y prototipos (3D)
- g) Realidad aumentada
- h) Integración de procesos

Es importante antes de cambiar a industria 4.0, analizar la industria en términos de adaptación de tecnología a los procesos, no solo de maquinaria, sino también del personal. Además de visualizar si económicamente, el retorno de la inversión es viable, introducir tecnología no solo por el hecho de ser nueva, sino porque garantiza la mejora en finanzas de la empresa y en los eslabones de la cadena de suministro.

## **Capítulo 2. Marco teórico**

### **2.1 Cadena de suministro y sus orígenes**

La cadena de suministro es un campo iniciador de diversas disciplinas que convergen para dar diseño a una serie de actividades que terminan con la entrega del producto final, teniendo su origen y fundamento en la logística (H. Chavez & Torres-Rabello, 2012). El aporte de la Logística ha sido necesario, pero no suficiente, otros aportes de ciencias tanto exactas como humanas ha llevado a la evolución de la misma hasta manejarse el termino de gestión de la cadena de suministro como el más adecuado para hacer referencia, abreviándose SCM (supply chain management).

La gestión de la cadena de suministro usa tecnología avanzada, gestión de la información e investigación de operaciones para planificar y controlar una complejidad creciente de factores de producir y entregar de mejor forma los productos y servicios para satisfacer al cliente (H. Chavez & Torres-Rabello, 2012). Las ciencias exactas han contribuido en este desarrollo mediante métodos cuantitativos como programación lineal y entera, teoría de filas de espera, estadística inferencial, teoría de juegos entre otras. La logística ha sido beneficiada con estos aportes de las ciencias exactas introduciendo estos métodos en las áreas de inventarios.

En adición las ciencias humanas han incluido la comprensión de los recursos humanos en un enfoque horizontal de procesos y en un entorno inter-organizacional. Y por último, la tecnología, parte clave en SCM como habilitador en el uso intensivo de internet, códigos de barras, identificación por radio- frecuencia (RFID), mecanismos de rastreo satelital y otros (H. Chavez & Torres-Rabello, 2012).

### **2.1.1 Definición y funcionamiento de una cadena de suministro modelo actual**

La cadena de suministro dependiendo del análisis a realizar tiene diversidad de definiciones, coincidiendo todas en el objetivo de producto pedido por el cliente, desarrollo de producción y entrega final, a continuación, se expresan las más adecuadas a esta tesis:

1. La Cadena de Suministro, conocida en inglés como "supply chain", 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 (Ganeshan & Harrison, 2010).
2. La administración de la cadena de suministro es una filosofía administrativa continua y evolutiva que busca unificar los recursos productivos totales de las funciones de negocio de la empresa y sus socios aliados a lo largo de toda la Cadena de Suministro, buscando un sistema altamente competitivo. Enfocado a desarrollar soluciones innovadoras y a sincronizar el flujo de los productos, servicios e información hacia el mercado, creando un valor único e individualizado para el cliente (Ross, 1996).
3. La cadena de suministro abarca los procesos desde la materia prima inicial hasta el consumo final del producto terminado, enlazados a través de compañías proveedoras- clientes y las funciones dentro y fuera de una compañía que posibilitan a la cadena de suministro para producir productos y proveer servicios al cliente (APICS, 1998).
4. El concepto de Supply chain management se refiere al proceso administrativo que controla el flujo de materiales a lo largo de la Cadena de Valor, desde los proveedores hasta el último detallista. Toda la Cadena de Suministro es motivada por la demanda que genera el mercado, la cual es considerada como el motor o catalizador de toda la Cadena hacia atrás.

5. La cadena de suministro es el conjunto de empresas integradas por proveedores, fabricantes, distribuidores y vendedores (mayoristas y minoristas) coordinados eficientemente por medio de las relaciones de colaboración en sus procesos clave para colocar los requerimientos de insumos o productos en cada eslabón de la cadena en el tiempo preciso al menor costo, buscando el mayor impacto en las cadenas de valor de los integrantes con el propósito de satisfacer los requerimientos de los consumidores finales (Hernández García & Jiménez Sánchez, 2002).
  
6. Un especialista con pensamiento sistémico describiría una cadena de suministro como un sistema complejo con fronteras difusas, en el que los componentes (organizaciones) por separado los que determinan el desempeño sino las relaciones entre ellos (H. Chavez & Torres-Rabello, 2012).

Haciendo un resumen podemos establecer que una cadena de suministro va desde el cliente del cliente al proveedor del proveedor (H. Chavez & Torres-Rabello, 2012). Se debe considerar dentro de la cadena de suministro la acción del usuario final o consumidor de los bienes y servicios como detonante e iniciador de todas las operaciones a realizar: esto para que la información pueda fluir desde el cliente hasta el proveedor inicial, pasando por cada uno de los canales de distribución, para lo cual se debe de tener la comunicación adecuada e integrada por los medios adecuados.

En la ilustración 1 se aprecia el funcionamiento de una cadena de suministro simple, desde su inicio con el proveedor inicial hasta su llegada con el cliente final y los distintos tipos de logística que se encuentran involucrados.

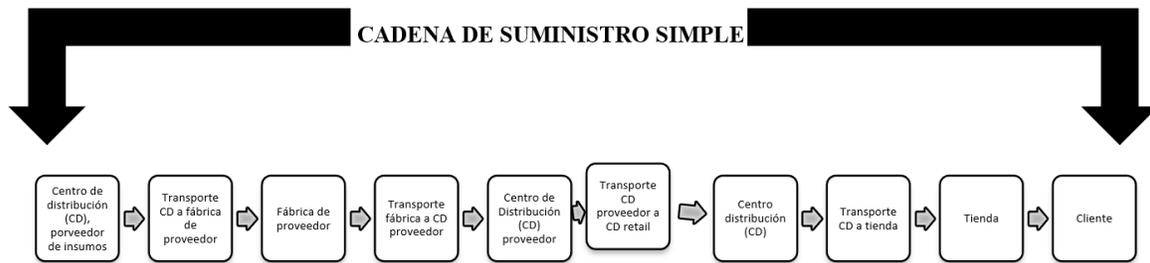


Ilustración 1 Funcionamiento de una cadena de suministro. Fuente: Diseño y operación de sistemas de almacenamiento y manejo de materiales, Torres M., 2015.

### 2.1.2 Características de la cadena de suministro

El objetivo de una cadena de suministro debe ser maximizar el valor total generado. Con esto podemos decir que el valor de una cadena de suministro es la diferencia de lo que vale el producto final menos los costos relacionados con la cadena para la petición del producto que el cliente requiere. Otro aspecto importante dentro de la cadena de suministro es la flexibilidad que esta presenta ante los cambios en la demanda del cliente, esto es, tener una correcta estimación entre el abastecimiento de los proveedores, el nivel de servicio la cantidad de inventario en stock y lo que hay en tránsito (Bowersox, 2007).

Desde la percepción operativa se presentan 3 actividades básicas para la operación de almacén y centro de distribución que son: el recibo de materiales, el acomodo en el almacén y el surtimiento al cliente (Torres Mendoza & Hernández García , 2015). Por otro lado, en un enfoque más estratégico/directivo se considera: la orden de compra al proveedor, la logística de recibo y la logística de distribución tanto interna como externa.

Es importante hacer mención de factores dentro de la cadena de suministro que se pueden identificar como lo son: el servicio al cliente, el transporte, el almacenaje, comercio exterior, producción maquila, planeación/compras. Considerando dentro de estos factores a las áreas de finanzas, capital humano y tecnología de información (H. Ballou, 2004).

En el servicio al cliente se identifica la medición de fill rate (tasa de relleno) que es la diferencia de lo que nos pide el cliente contra lo que entregamos, el CRM (customer relationships management) es la estrategia para entender las necesidades del cliente, de forma que, este sea un cliente por tiempo prolongado, se contempla además las mediciones en quejas, devoluciones y rechazos. En el transporte se evalúa el costo del transporte, las entregas a tiempo, recuperación de POD's (Pay on delivery), consolidación de carga y las tarifas (E. Slone, Dittman, & Mentzer, 2011).

En almacenaje el costo, la precisión del inventario, nivel de inventario y aprovechamiento del espacio. Comercio exterior contempla los costos de importación y exportación, procesos aduanales, costos de transporte, consolidación de carga, reglamentación, terrestre, marítimo, intermodal y aéreo. Producción maquila donde se evalúan los costos de manufactura, tiempo de entrega, calidad producto, oportunidad de entrega. Planeación/compras incluye actividades de nivel de inventario, lead time proveedores, re-abasto urgente, medición de desempeño de proveedores (Chopra & Meindl, 2013).

### **2.1.3 Cadena de suministro, cadena de valor y logística**

Como se aprecia la cadena de suministro con su evolución ha desarrollado investigaciones acerca de la gestión o administración de la misma, en el enfoque de mejorar constantemente, sin embargo, es importante hacer una definición clara entre lo que es cadena de suministro, cadena de valor y logística.

Por lo tanto, de acuerdo a la perspectiva tenemos las siguientes definiciones para logística expresadas en la tabla 1.

<b>Definiciones de logística</b>	
<b>PERSPECTIVA</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
<b>Inventario</b>	Administración de materiales en movimiento o en reposo.
<b>Cliente</b>	Hacer llegar el producto correcto al cliente correcto, en la cantidad y las condiciones correctas, en el lugar, el momento y costo correctos (lo que se conoce como las siete "C" de la logística).
<b>Diccionario</b>	Rama de la ciencia militar relacionada con el aprovisionamiento, el mantenimiento y la transportación de materiales, personas e instalaciones.
<b>International Society of Logistics</b>	Arte y ciencia de la administración, la ingeniería y las actividades técnicas relacionadas con los requerimientos, el diseño y el suministro, y la conservación de recursos para apoyar los objetivos planes y operaciones de las organizaciones.
<b>Utilidad/valor</b>	proporcionar utilidad o valor de lugar y tiempo en los materiales y productos en apoyo a los objetivos de la organización
<b>Council of supply chain management professionals</b>	Parte de los procesos de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo y almacenamiento eficiente y efectivo de bienes y servicios y la información relacionada, desde el punto de origen hasta el consumo, con la finalidad de satisfacer los requerimientos del cliente.
<b>Soporte de componentes</b>	Administración del suministro para la planta (logística de entrada) y administración de la distribución para los clientes de la empresa (logística de salida)

*Tabla 1. Definiciones de logística según perspectiva. Fuente: Coyle, Langley, Novack, & Gibson, 2013. Elaboración propia.*

El Council of supply chain management of professionals diferencia la logística y la cadena de suministro como:

La logística es aquella parte de la gestión de la cadena de suministro que planifica, implementa y controla el flujo y almacenamiento eficaz y eficiente, hacia adelante y en reversa, de bienes, servicios e información relacionada, entre el punto de origen y el punto de consumo, para satisfacer los requerimientos de los clientes.

La gestión de la cadena de suministros abarca la planificación y gestión de todas las actividades involucradas en el abastecimiento, transformación y todas las

actividades de gestión de logística. Incluye de forma importante la coordinación y colaboración proveedores intermediarios operadores logísticos y cliente. En forma resumida SCM es una función integradora que conecta las principales funciones y procesos de negocio en forma interna a través de las compañías como un modelo coherente y de elevado desempeño.

El profesor estadounidense Michael Porter fue quien introdujo el concepto de cadena de valor, como representación del modelo de procesos de una organización, en su libro *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*, publicado en 1985 por primera vez (Atehortúa Hurtado, Bustamante Vélez, & Valencia de los Ríos, 2008). La cadena de valor es un análisis empresarial mediante el cual se descomponen los procesos de una empresa, buscando identificar aquellas actividades que le generan valor al producto, para aminorar costos y así lograr una ventaja competitiva.

Es así como se puede observar las diferencias entre los tres conceptos cadena de valor, cadena de suministro. La mayor parte de los autores consultados coinciden en que la SCM (supply chain management) no se limita a la parte logística, sino engloba otras actividades como lo son recursos humanos, ventas, pronósticos, producción (Ballou, 2004). En la ilustración 2 se aprecia el modelo de dirección de una cadena de suministros.



Ilustración 2 Modelo de dirección de una cadena de suministros. Fuente: Ballou, 2004.

En la práctica como puedes observar en la figura 2 es difícil separar la logística de la cadena de suministro, tener el producto en el lugar y momento adecuado es fundamental para el aprovechamiento de los recursos (Ballou, 2004).

En sí, la cadena de suministro es el concepto holístico de la logística, incluye aspectos intangibles como los aspectos humanos, así como flujo de materiales y productos de clientes.

#### **2.1.4 Etapas de la cadena de suministro**

A través de la cadena de suministros, se reciben permanentemente datos en todas sus partes, no solo a partir el usuario que da búsqueda de sus gustos, cantidades y lugares de requerimientos, es decir su petición, entre otros datos, sino asimismo entre proveedores, compras y almacenes, entre otros. Al mismo tiempo entre estos últimos, las áreas productivas, de allí nuevamente a almacenes y las cadenas de repartición hasta que llega a los puntos de ventas. De hecho, la información es uno de los motores crecidamente activos en la cadena. Se mueven materiales personalizado en las necesidades de consumo de materias primas, empaques y el producto acabado ya producido, todo desde el proveedor hasta el cliente final según sea el caso. Y dinero, representado por los pagos a proveedores, a los recursos humanos y otros recursos requeridos para que la cadena opere y en el pago que hacen los proveedores por el producto recibido (Arango Serna et al., 2013).

Aprovechar al máximo la administración de la cadena de suministro requiere definir los pasos del proceso de extremo a extremo de todos los involucrados, el alcance de lo que debe ser logrado, y luego progresar a través de niveles evolutivos al nivel necesario para que la empresa logre una ventaja en el mercado. Es importante moverse a través de cada uno de los niveles intermedios para que la organización funcione en condiciones óptimas, ya que las operaciones internas deben estar en orden antes de trabajar en alianzas con socios externos.

A medida que las empresas se trasladan al entorno externo es requerido un mayor nivel de progresión, se requiere la colaboración de un selecto grupo en la cadena de suministro, de manera que socios trabajen como una red centrada en un cliente o consumidor específico (Poirier, 2004).

Con el avance de esta colaboración, la red de socios llegará a un nivel más alto trabajando a través de modelos que guían el progreso y muestran cuando la tecnología apropiada y las aplicaciones basadas en Internet mejoran el esfuerzo.

En la tabla 2 se ilustra las etapas de una cadena de suministro tradicional.

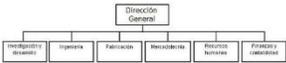
Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4
Funcional	Integración interna	Integración externa	Colaboración entre empresas
			
Orientación funcional	Alineación y visibilidad a lo largo de todos los subprocesos y niveles gerenciales	Colaboración e integración de procesos internos y externos	Las variaciones en modelos de colaboración usadas a través de la cadena de suministro para conducir el valor estratégico
Desempeño de la empresa sub-optimizado	Procesos de administración de operaciones integradas	Cada empresa se enfoca en sus clientes, mejorando competencias y creando valor	Proceso en serie es substituido por el proceso simultaneo para acortar tiempos ciclo
Poca visibilidad de información a lo largo de las funciones	Altos niveles de desempeño		La flexibilidad y la sensibilidad al cliente se incrementan
	Mejora continua		

Tabla 2. Etapas de una cadena de suministro. Fuente: *Using models to improve the supply chain, 2004, Charles C. Poirier, ST Lucie Press, a CRC Press Company.*

## **2.2 Redes de distribución en la cadena de suministro**

La cadena de suministro debe estar formada por una altamente coordinada y planeada red de distribución que tenga interacciones entre sus factores clave, ya que esta determina como va a ser la fluidez de la cadena de suministro en sus factores de nivel de servicio, eficiencia y entrega a tiempo.

Su importancia no debe hallarse solo en las empresas, sino por el contrario, se debe analizar de forma puntual la metodología y estrategia de la red logística tomando en cuenta todos los recursos y la infraestructura. La estructura de la red de distribución de una red logística se integra principalmente por almacenes y centros de distribución, por lo cual, determinar la capacidad, cantidad, ubicación y función de los almacenes es de vital importancia.

Existen diferentes modelos de redes de distribución, de los cuales se hablará más adelante, estos modelos determinan el número de almacenes, si el envío es directo o subcontratado, según sea la planificación de la logística. En la etapa de distribución en una cadena de suministro, la mercancía puede ser transportada por diversos medios, entre ellos ferrocarril, transporte aéreo, marítimo, fluvial o por carretera y puede o no realizar diversas variaciones en almacenes o nodos de cambio modal hasta llegar al destinatario final.

La función principal de la red de distribución es la de mantener inventarios para satisfacer la demanda del mercado. Derivado de la satisfacción de esta demanda, también se pretende optimizar transporte de artículos, funcionar como centros de servicio y asesoría, realizar operaciones de diferenciación de los productos y optimización del transporte.

Con esto se logra una economía de escala que es la de recibir y enviar transportes con mayor capacidad, así como utilizar el llamado cross docking, que no es más que una técnica para no tener almacenes, sino una plataforma donde las unidades llegan y se alistan para salir de nuevo, todo esto en menos de 24 horas, este sistema

es utilizado en la actualidad por cadenas como Walmart. Además de emplearse como HUB logísticos, que es conocido como el puerto o aeropuerto que funciona como centro logístico competitivo de distribución o centro de conexiones, donde se concentran cargas de mercancías con el fin de redistribuirlas.

### **2.2.1 Modelos de una red de distribución**

Los diversos tipos de redes de distribución nacen por la necesidad de conectar y transportar los bienes de consumo desde los proveedores hasta el cliente que solicita el producto o servicio. La configuración de esta red de distribución condicionara los costes de la distribución de la mercancía, pero también la planificación y organización eventual de una cadena de suministro.

Según Díez de los Ríos (2014) los tipos de redes de distrucion se clasifican como sigue:

- 1) Directa desde fábrica al cliente. Una red de distribución es directa cuando los productos salen de fábrica y van directamente al consumidor final sin necesidades de intermediarios. Es mucho más rápida y en ella se ahorran costes logísticos. Aunque ese ahorro de costes no es demasiado viable porque no existe una red comercial que dé a conocer los productos de fábrica.
- 2) Directa a través de un almacén regulador. La distribución directa que se realiza a través de un almacén regulador es muy parecida a la directa desde fábrica al cliente, sólo que en este tipo existe un almacén entre la producción y el cliente final en donde los productos están almacenados esperando su salida. Normalmente, este tipo de logística se realiza cuando la producción es muy elevada.
- 3) Distribución escalonada. Este tipo de distribución se vincula con la existencia de uno o varios almacenes centrales conocidos como reguladores. Son estos almacenes los que reciben la producción directamente del fabricante y que

luego esta es enviada a almacenes regionales. El objetivo de este método es aproximar el producto a los puntos de consumo. Este tipo de red de distribución es propia de las producciones que están alejadas de los puntos de venta y que aprovechan la optimización de los transportes para ser entregadas a los destinatarios finales.

- 4) Outsourcing en la distribución (Subcontratación). Este tipo se lleva a cabo a través de un sistema de subcontratación en la cadena logística, a través del cual los productos pasan por distintas manos de distribución. En ocasiones, es la propia empresa la que subcontrata ciertas funciones logísticas a otras empresas para ahorrar costes. En definitiva, se movilizan recursos hacia una empresa externa a través de un contrato que desarrollará actividades en nombre de la primera.
- 5) Directa desde proveedor a fabrica / fabrica a almacenes. Es el transporte primario que es el que realiza entre los proveedores y fabricantes para el abastecimiento de materiales o semielaborados, a pie de fábrica o cadena de producción o bien el que se efectúa entre la fábrica y los almacenes centrales o reguladores de la empresa.
- 6) Directa a través de un almacén regulador. Este tipo de distribución es del transporte de aproximación que se trata de abastecer de mercancías desde almacenes centrales o reguladores a almacenes regionales o periféricos mediante procesos periódicos de reposición de los stocks.

Las empresas de producción tienden a organizar y gestionar su propia red de transporte, de modo que hace envíos desde diferentes plantas hasta el usuario final o mercado del cliente. Desafortunadamente esto genera altos costos por inversión adquisición de camiones o recursos, por lo tanto, no ha resultado eficiente y se ha recurrido a la externalización de la distribución de sus productos a terceras empresas. Estas empresas subcontratadas están diseñadas para transportar a diferentes plantas que van a llevar sus productos con plantas en común y el

transporte se hace por lo tanto compartido, haciendo eficientes los espacios y por ende menos costoso.

Por otro lado, según Crainic (2003) el planteamiento de una posible clasificación de las redes y servicios de transporte que no se debe omitir, ya que según las posibilidades de consolidación de los envíos en un mismo vehículo. Los servicios o envíos adaptados a un cliente son propiamente servicios de transporte puerta a puerta, en que toda la mercancía comparte el mismo origen o el mismo destino.

En esta tipología de servicios y redes, la planificación temporal e intervalos de envío suele ajustarse para que la totalidad de la capacidad del vehículo sea ocupada por la mercancía o envío en cuestión. Esta tipología de servicios se suele conocer como Full TruckLoad, (FTL). Estos servicios se consideran como un problema de gestión dinámica de los recursos, ya que resulta difícil llegar a prever y ajustar temporalmente las demandas y solicitudes de envío. Un problema específico de estas redes son los retornos en vacío del punto de destino al origen, que constituyen una actividad con coste elevado, pero sin ninguna productividad para la empresa de transporte.

En segundo lugar, existen algunas empresas de transporte que presentan específicamente la característica de ofrecer un servicio de transporte consolidado. Esta tipología de servicios se denomina Less-Than TruckLoad (LTL), ya que el tamaño de la mercancía o envío de un solo cliente es muy inferior a la capacidad del vehículo de transporte. Por tanto, es necesario que cada viaje del vehículo sea cargado con envíos de múltiples clientes para incrementar su ocupación. Aquí se consolidan los envíos de diferentes clientes en instalaciones propias para después cambiar de vehículo y proseguir su transporte hasta el punto final, estas terminales se denominan HUB o de consolidación.

Por su parte, los operadores logísticos pueden ofrecer los servicios de almacenaje, empaquetado y otros servicios de valor añadido conjuntamente con el servicio de

transporte y distribución. Aquellas empresas de transporte que prestan este tipo de servicios constituyen el grupo conocido third part logistics (3PL). Estos operadores logísticos suelen tener una relación más estrecha con los clientes, de forma que pueden llegar a regular y controlar los ritmos de producción y la facturación de las empresas de producción.

Los volúmenes de transporte tienen una magnitud superior a los de paquetería y utilizan una amplia gama de modos de transporte para su distribución. En este caso, el proceso de consolidación se realiza en los modos de transporte de mayor capacidad (ferrocarril, marítimo) en la larga distancia, y utilizan el camión para la última fase de la cadena de transporte.

Por último, hoy en día se han desarrollado los operadores logísticos conocidos por el nombre de fourth part logistics (4PL). En estos casos, el operador logístico y la empresa de distribución desarrollan una alianza estratégica de modo que ambas comparten riesgos y beneficios de toda la cadena de suministro de los productos.

### **2.2.2 Costes de las redes de distribución**

Los costes de distribución suelen representar una componente significativa del coste total de producción de un bien de consumo, variando en función de su naturaleza. En Martínez y Barea (2001) se argumenta que los costes logísticos representan entre el 10% (en productos tecnológicos) y el 60 % (en productos lácteos o derivados) del coste global.

De este modo, se justifica la necesidad de creación de una red de distribución de los productos de consumo eficiente para garantizar la competitividad de las empresas de producción. Para poder realizar el diseño y planificación de una red y asegurar un nivel de servicio con la utilización de los mínimos recursos, es necesario abordar los elementos de los que dependen los costes de distribución. Estos elementos son los vehículos de transporte, las instalaciones fijas (almacenes, delegaciones, terminales de consolidación, terminales multimodales), y la propia

mercancía transportada. Cada uno de estos términos tiene un conjunto de costes asociados que justificará la adopción de un diseño de red y estrategias de envío específico.

Actualmente, los productos de distribución movilizados por las empresas de paquetería presentan una densidad media relativamente baja. Esta característica, conjuntamente con el volumen perdido por el empaquetado y espacios vacíos entre los bultos o unidades de transporte hacen que el elemento restrictivo para el transporte sea el volumen máximo de mercancía a transportar. De este modo, los costes unitarios asociados a la mercancía se expresarán por unidad de volumen transportada. En algunos casos de paquetería industrial al sector secundario, la capacidad de transporte de los vehículos está condicionada por la variable peso. Sin embargo, en estos casos, el número de envíos realizado por un vehículo no es relevante, y por lo tanto constituye un problema eminentemente FTL de baja complejidad de resolución.

Los vehículos de transporte tendrán asociadas dos componentes de coste en función de sus características físicas y operacionales. Por un lado, existirá un coste kilométrico  $cd$  que integrará el coste de carburante, lubricante y el mantenimiento del vehículo (y en un futuro, posibles tasas por uso de la infraestructura con el objetivo de internalizar externalidades). En segundo lugar, el vehículo tendrá asociado un coste fijo  $F$  a escala diaria que representará el coste del personal de conducción, seguros y la amortización del vehículo (en caso de ser flota propia) o alquiler del vehículo (subcontratación); ante futuras tasas por uso de la infraestructura con una componente fija, ésta se incluirá en  $F$ .

Desde la perspectiva de las instalaciones fijas, se puede considerar un coste fijo de manipulación por unidad de tiempo y un coste unitario de manipulación por volumen de mercancía gestionada. Este coste de manipulación también podría integrar operaciones auxiliares como empaquetamiento y otros tratamientos de la mercancía por un correcto envío desde la delegación. Adicionalmente, también se debe incluir

un coste unitario que represente el alquiler de la delegación por volumen de mercancía transportada.

Finalmente, la mercancía propiamente presenta unos costes temporales debido a la depreciación del producto durante el tiempo en que los envíos están almacenados en las instalaciones fijas o están siendo transportados. En el caso de componentes tecnológicos, sanitarios o productos perecederos su valor puede ser muy significativo y justificar redes de transporte de alto coste, pero con plazos de entrega reducidos. Estos costes se integran en el coeficiente de coste unitario de inventario  $ci$  por unidad de volumen de mercancía y tiempo.

Por ejemplo, probablemente desde el punto de vista cuantitativo, el modelo nos sugiere colocar un centro de distribución al lado de una planta, ya que optimiza los costos logísticos. Sin embargo, desde el punto cualitativo, la compañía puede escoger otra ubicación porque ya cuenta con una ubicación que le pertenece o porque le parece arriesgado comprometer la distribución si se suscita algún problema en la planta. La información que proporcionan los modelos son herramientas para tomar una decisión informada, no la decisión en sí.

## **2.3 Conceptos de industria 4.0**

### **2.3.1 Industria 4.0**

Si buscamos una definición clara de industria 4.0, aun puede ser un poco confuso, sin embargo, para definición en esta tesis es: El término industria 4.0 es un nuevo nivel de organización y el control sobre toda la cadena de valor del ciclo de vida de productos, está orientado a los requerimientos del cliente para saber en tiempo real entrega del producto conectando todos los procesos.

Este ciclo comienza en el producto idea, cubre la ubicación de la orden y se extiende a través del desarrollo y la fabricación, todo el camino hasta la entrega del producto para el cliente final, y concluye con reciclaje, que abarca todos los servicios

resultantes. Las bases de industria 4.0 o llamada también cuarta revolución industrial es la disponibilidad de toda la información relevante en tiempo real conectando todas las instancias involucradas en la cadena de valor.

La capacidad de derivar el valor agregado óptimo bajo en cualquier momento a partir de los datos. La conexión de personas, cosas y sistemas crea una optimización dinámica, auto organizada y en tiempo real de conexiones de valor agregado dentro y entre las empresas. Estos pueden ser optimizados de acuerdo a diferentes criterios tales como costos, disponibilidad y consumo de recursos. El objetivo es gestionar todo el proceso de la cadena de valor, mejorando las eficiencias en el proceso de producción y crear productos y servicios que son de calidad superior. Esta visión sigue la máxima de mayor calidad, no al gasto de menor precio. Esta filosofía ha producido la fábrica inteligente del futuro, donde las eficiencias y los costos mejoraron y las ganancias aumentaron.

### **2.3.2 Inicios**

La procedencia de industria 4.0 radica en la potencia de la fabricación alemana. Sin embargo, la idea conceptual ha sido ampliamente adoptada por otras industriales naciones dentro de la Unión Europea, y más allá en China, India y otros países asiáticos. El nombre industria 4.0 se refiere a la cuarta revolución industrial, con los tres primeros a través de mecanización, electricidad y tecnologías de la información.

La visión de industria 4.0 es que, en el futuro, las empresas industriales construirán redes globales para conectar sus maquinarias, fábricas e instalaciones de almacenamiento como sistemas ciber físicos, que se conectarán y controlarán entre sí inteligentemente al compartir información que desencadena acciones. Estos ciber-físicos tomarán la forma de fábricas inteligentes, máquinas inteligentes, almacenamiento inteligente, instalaciones y cadenas de suministro inteligentes.

Esto traerá mejoras en los procesos industriales dentro de la fabricación en su conjunto, a través de la ingeniería, uso de materiales, cadenas de suministro y

gestión del ciclo de vida del producto. Esto es lo que llamamos a la cadena de valor horizontal, y la visión es que industria 4.0 profundizará integrar con cada etapa en la cadena de valor horizontal para proporcionar mejoras en el proceso industrial.

En el centro de esta visión estará la fábrica inteligente, que alterará el proceso de la producción, basada en máquinas inteligentes, pero también en productos inteligentes. No serán solo los sistemas ciberfísicos, la maquinaria será inteligente; los productos que se ensamblan también tendrán integrados inteligencia para que puedan ser identificados y ubicados en todo momento a lo largo el proceso de manufactura.

La miniaturización de etiquetas RFID (Radio Frequency Identification) permite productos inteligentes y saber lo que son, cuando fueron fabricados, y, crucialmente, cuál es su estado actual y los pasos necesarios para alcanzar su estado deseado. Esto requiere que los productos inteligentes conozcan su propia historia y los procesos futuros requeridos para transformarlos en el producto completo. Este conocimiento del proceso de fabricación industrial está integrado en los productos y esto les permitirá proporcionar un enrutamiento alternativo en el proceso de producción.

### **2.3.3 Características**

Los defensores de industria 4.0 nombran cuatro características principales y distintas:

1. Integración vertical de sistemas de producción inteligentes. Fábricas inteligentes, que son esencialmente el núcleo de la industria 4.0, no pueden funcionar de forma independiente. Hay una necesidad para la creación de redes de fábricas inteligentes, productos inteligentes y otros sistemas de producción inteligente. La esencia de la creación de redes verticales proviene del uso de los sistemas de producción ciber físicos (CPPS), que permite a las fábricas y las plantas de fabricación reaccionar rápida y apropiadamente a variables, como niveles de

demanda, niveles de stock, defectos de maquinaria y retrasos imprevistos. Del mismo modo, la creación de redes y la integración también implican los servicios inteligentes de logística y mercadeo de una organización, así como sus servicios inteligentes, ya que la producción está personalizada de tal manera que es individualizado y dirigido específicamente a los clientes.

2. Integración horizontal a través de redes mundiales de cadenas de valor. La integración facilitará el establecimiento y el mantenimiento de redes que crean y agregan valor. La primera relación que viene a la mente cuando hablamos de horizontal la integración es la que existe entre los socios comerciales y los clientes. Sin embargo, también podría significar la integración de nuevos modelos de negocios entre países e incluso a través de los continentes, haciendo una red global.

3. Ingeniería a través de toda la cadena de valor. Toda la cadena de valor en la industria está sujeta a lo que es denominado a través de la ingeniería, donde el ciclo de vida completo del producto se rastrea desde la producción hasta la jubilación.

4. Aceleración de la fabricación. Operaciones comerciales, particularmente aquellas involucradas en la fabricación, hacer uso de muchas tecnologías, la mayoría no innovador o costoso, y la mayoría de ellos ya existen.

#### **2.3.4 Herramientas de la Industria 4.0**

##### **2.3.4.1 Internet de todas las cosas**

Industria 4.0 y el internet industrial de las cosas (IIoT) se ha convertido en uno de los conceptos de negocios industriales más comentados en los últimos años. Sin embargo, la industria 4.0 y el IIoT a menudo son presentados a un alto nivel por consultores que presentan desde una perspectiva comercial a clientes ejecutivos, que significa que la complejidad técnica es irrelevante.

Consultores se enfocan en los modelos comerciales y la eficiencia operativa, que es muy atractiva, donde las ganancias financieras y los nuevos modelos comerciales son fácilmente comprensibles para su clientela. Desafortunadamente, estas presentaciones a menudo impresionan y vigorizan a los ejecutivos, que ven los beneficios comerciales, pero no revelan al cliente la técnica de abstracción de la complejidad de la capa inferior que sostiene la Internet industrial.

Como definición de internet industrial de todas las cosas comencemos primero con la primera definición de internet de las cosas hecha por Kevin Ashton el cual hace su primera mención en 1999 en una presentación para Procter & Gamble donde vinculaba la palabra RFDI en la cadena de suministro para obtener información. En este artículo Ashton hace las siguientes referencias con respecto al internet y textualmente dice: Si tuviéramos ordenadores que supieran todo lo que tuvieran que saber sobre las “cosas”, mediante el uso de datos que ellos mismos pudieran recoger sin nuestra ayuda, nosotros podríamos monitorizar, contar y localizar todo a nuestro alrededor, de esta manera se reducirían increíblemente gastos, pérdidas y costes. Sabríamos cuando reemplazar, reparar o recuperar lo que fuera, así como conocer si su funcionamiento estuviera siendo correcto. El internet de las cosas tiene el potencial para cambiar el mundo tal y como hizo la revolución digital hace unas décadas (Ashton, 2009).

Ahora se puede entender que lo esperado con el IoT es que la información sea la que se produce por medio de las máquinas y sean estas capaces de obtener información de los objetos y máquinas que las rodean mediante la comunicación directa sin intervención humana.

#### **2.3.4.2 Sistemas ciberfísicos**

El Internet industrial ha surgido debido a los rápidos avances en computadoras digitales en todos sus formatos y grandes mejoras en las comunicaciones digitales. Estas disciplinas se consideran dominios separados de conocimiento y experiencia,

con la tendencia a la especialización en uno u otro. Esto da como resultado que se requiera conocimiento interdisciplinario para diseñar y construir productos que requieren procesamiento de información y redes.

En algunas definiciones, en la función de redes y comunicaciones se considera opcional, aunque eso plantea la pregunta de cómo un CPS difiere de un sistema integrado. Los sistemas de información, que están integrados en dispositivos físicos, se llaman "sistemas embebidos". Estos sistemas integrados se encuentran en las telecomunicaciones, automatización y sistemas de transporte, entre muchos otros. Últimamente, un nuevo término ha surgido, los sistemas ciberfísicos (CPS). Esto distingue entre sistemas integrados basados en microprocesador e información más compleja sistemas de procesamiento que realmente se integran con su entorno.

Una precisa definición de sistemas ciberfísicos (CPS) es que son integraciones de computación, redes y procesos físicos. Computadoras y redes integradas monitorean y controlan los procesos físicos, con circuitos de retroalimentación donde los procesos físicos afectan los cálculos y viceversa. Por lo tanto, un sistema ciberfísico puede ser casi cualquier cosa que tenga integrado computación, redes y procesos físicos. Un operador humano es un sistema ciberfísico y también una fábrica inteligente. Un sistema integrado es un sistema computacional integrado en un sistema; el énfasis está en el componente computacional.

Por lo tanto, podemos ver todas las CPS como conteniendo sistemas integrados, pero el énfasis de CPS está en las comunicaciones y los dominios físicos y computacionales. CPS tiene muchos usos, ya que pueden usar sensores y otros sistemas integrados para monitorear y recolectar datos de procesos físicos. Estos procesos podrían ser algo como el control de la dirección de un vehículo, el consumo de energía, o control de temperatura / humedad.

### 2.3.4.3 Big Data

“Big Data (grandes datos o macro datos según la Fundación Fundéu BBVA) supone la confluencia de una multitud de tendencias tecnológicas que venían madurando desde la primera década del siglo XXI y se han consolidado durante los años 2011 y 2012 cuando han explotado e irrumpido con gran fuerza en organizaciones y empresas, en particular, y en la sociedad, en general” (Joyanes Aguilar, 2013).

Big Data describe datos que son demasiado grandes para ser gestionados por bases de datos y herramientas de procesamiento. Estas grandes estructuras de datos pueden ser y por lo general se componen de una combinación de datos estructurados y no estructurados de una variedad de fuentes tales como texto, formularios, blogs web, comentarios, videos, fotografías, telemetría, rutas de GPS, chats de mensajería instantánea, noticias, etc. La lista es casi interminable. El problema es con estas estructuras de datos diversas es que son muy difíciles de incorporar o analizar en una base de datos estructural tradicional.

Sin embargo, las empresas necesitan analizar datos de todas las fuentes para beneficiarse de la IIoT, después de todo el conocimiento, como las tendencias de los clientes y la eficiencia operativa los datos se pueden destilar de todo tipo de datos. Una muy acertada definición de Big Data es concentrarnos en “Big” como su traducción lo indica es en grande, por lo que hay que pensar en estos datos como una enorme cantidad de datos, que vienen en diversas variaciones de orden útiles a las fuentes que hacen la consulta útil de mayor dificultad (como los sensores en un avión) y las interrelaciones complejas de esa información es lo que hace difícil la consulta, “Big” entonces se refiere a la gran complejidad en lugar de gran volumen.

Por supuesto, los conjuntos de datos valiosos y complejos de este tipo naturalmente tienden a crecer rápidamente y los datos tan grandes rápidamente se vuelven realmente masivos (Mike 2.0, s.f.). Tomando estas definiciones, se puede vislumbrar en Industria 4.0, con un esquema de colaboración de maquinaria

automatizada, robots autónomos así como dispositivos electrónicos y sensores, una cascada de conjuntos de datos que necesitan ser almacenados y procesados de manera ágil e inteligente para que pueda generar información útil y oportuna para la toma de decisiones, rompiendo con esquemas de manejo de información estructurada que si bien son útiles, no dan la capacidad de manejo de un número de datos tan grande, variado y procedente de múltiples locaciones y eventos.

Los datos generados por las interacciones máquina a máquina (M2M) es lo que comúnmente se refiere como “Big Data”. Las máquinas generan una increíble cantidad de información que es capturada y necesita ser almacenada para su posterior procesamiento. Como esto es un resultado desafiante debido al tamaño de la información, debe considerarse el uso frente al almacenamiento, es decir, sólo la fracción de los datos relevantes para una necesidad de negocio puede ser almacenada para referencia futura (Höller et all, 2014)

Los recientes avances en la miniaturización de sensores y la tecnología de radio inalámbrica han creado un gran aumento en el despliegue de sensores, y en consecuencia en los datos del sensor. Estos avances llevaron a la introducción de micro-electromecánicos sistemas (MEM). Los sensores ahora son lo suficientemente pequeños como para ser desplegados en cualquier lugar y puede comunicarse a través de tecnología inalámbrica.

Esto ha resultado en una explosión de datos que viajan desde los sensores a los sistemas y, a veces, de vuelta de nuevo, que está mucho más allá de los niveles de hace algunos años. Ahora IIoT se ve como un principal contribuyente de Big Data y, como tal, requiere las tecnologías modernas para manejar grandes conjuntos de datos de datos no estructurados y sucios.

#### **2.3.4.4 Robótica Colaborativa**

Este término en industria 4.0 hace alusión a la introducción de nuevos puestos, donde el robot trabaje en colaboración o cooperación con el humano, de modo que

los sensores incluidos no hagan para el mecanismo sino darle una ruta que no permita dañar la integridad de una persona, que se trabaje uno a uno de forma complementaria. Esta colaboración como ventaja competitiva representa un gran avance en la mejora de las pequeñas y medianas empresas.

Se pretende la introducción de robots reducidos en tamaño, con gran flexibilidad, y precio accesible, que no requiera de técnicos especializados para su instalación. Es claro que por el momento para cuidar la seguridad son robots más lentos y menos potentes, ya que se debe equilibrar su funcionamiento para tener la fuerza y agilidad de un humano, no se quiere reemplazar la mano de obra sino mejorar la productividad, liberándolos de tareas monótonas y repetitivas, para que se puedan enfocar a procesos de análisis o más complejos.

En el término robot confluyen las imágenes de máquinas para la realización de trabajos productivos, de imitación de movimientos y comportamientos de seres vivos. Los robots en la actualidad son obras de ingeniería y como tales fueron hechas para producir bienes y servicios o explotar recursos naturales. En el año presente (2018) el desarrollo de máquinas ha estado fuertemente influido por el progreso tecnológico.

De esta forma se pasa de máquinas que tienen como objetivo exclusivo la amplificación de la potencia muscular del hombre, sustituyéndolo en su trabajo físico, a máquinas o instrumentos que también son capaces de procesar información, complementando o incluso sustituyendo, al hombre en algunas actividades intelectuales (Ollero Baturone, 2001).

La robótica es una disciplina científica que aborda la investigación de una clase particular de sistemas mecánicos, denominados robots manipuladores, diseñados para realizar una amplia variedad de aplicaciones industriales, científicas, domésticas y comerciales. La naturaleza multidisciplinaria de la robótica permite

involucrar una gran cantidad de áreas de conocimiento tales como matemáticas, física, electrónica, computación, visión e inteligencia artificial entre otras.

La robótica estudia y analiza una clase particular de sistemas mecánicos, llamados robots manipuladores, y la multifuncionalidad es la característica básica que distingue de un sistema mecatrónico (Reyes Cortés, 2011).

Un robot es una entidad, física o virtual, artificial. Los modelos físicos por lo general están constituidos por uno o más sistemas electromecánicos administrados por una arquitectura de control. Los robots autónomos, a su vez, son aquellos que tienen la capacidad de percibir información de su entorno y actuar en base a la misma, sin supervisión directa de otros interlocutores. Los robots móviles son aquellos que tienen la capacidad de moverse en su entorno e interactuar con él (Azcurra , Rojo, & Rodríguez , 2012).

Dentro del mundo de los robots autónomos y dejando de lado los robots industriales, existen en la actualidad multitud de robots autónomos. Muchos de ellos en los centros de investigación, pero también existen empresas, desde las grandes multinacionales, que fabrican y comercializan robots autónomos.

#### **2.3.4.5 Realidad aumentada**

La realidad aumentada (AR), aunque todavía en su infancia, está despertando bastante interés en el entorno de IIoT. Aunque AR es particularmente nuevo, se investigó como una tecnología futurista hace décadas y a pesar del potencial obvio. El desarrollo de AR se quedó en el camino debido a la falta de complementariedad de tecnologías. Sin embargo, en los últimos años el interés en AR ha sido revivido ya que todas las tecnologías complementarias son ahora una realidad y en la mayoría de los casos prosperan.

Tecnologías tales como visores AR, gafas y auriculares están ahora en producción, y aunque todavía son caros desde la perspectiva del consumidor, son realistas para la industria según el ROI (retorno de la inversión) del caso de uso. Sin embargo, AR no es todo acerca de las gafas o la pantalla visual; podría tan bien ser un teléfono inteligente, ya que también se trata de datos.

Después de todo, AR es tan bueno como la sombra de información que acompaña al objeto que estás mirando. Una sombra de información es la información que se relaciona con el objeto que está viendo, podrías mirar todo lo que quieras en las paredes de tu casa y no vas a para ver las tuberías y el cableado o cualquier cosa diferente. Para que AR funcione, necesita el objeto que está estudiando para tener un diagrama CAD 3D relacionado almacenado localmente si el dispositivo AR, como una tableta o auriculares AR, puede admitir archivos de gran tamaño o de forma remota en la nube en el caso de los modelos actuales de gafas AR y viseras. Luego, a través de la proyección del diagrama 3D CAD, ya sea a través de la pantalla de visualización frontal o en el objeto mismo, verá tuberías y cables y todo lo que debería estar detrás de la pared.

Otro caso de uso para AR está en control y gestión en operaciones industriales centros. En los centros de operación tradicionales, las pantallas físicas muestran pantallas de procesos analógicos, por ejemplo, temperatura, presión, RPM, entre otra información del sensor, Sin embargo, estos paneles físicos eran físicamente conectado o mostró representaciones gráficas de pre configurado y paneles programados.

Con AR, los datos del sensor se pueden ver desde cualquier lugar y proyectado en cualquier superficie, creando así la facilidad para mezclar y combinar datos del sensor que se mostrarán en tableros móviles improvisados. El comercio minorista y las industrias de alimentos y entretenimiento también son probablemente grandes jugadores en el juego de AR, convirtiéndose en pioneros y pioneros en la construcción de su sombra de información propia.

#### **2.3.4.6 La fabricación aditiva (FA)**

La impresión aditiva o comúnmente conocida como impresión 3D funciona creando una imagen como un archivo de computadora, de un producto ya existente a través de un diseño CAD una capa delgada a la vez. Se construye cada capa subsiguiente hasta que se haya completado una copia completa del objeto o de la imagen CAD. Una vez que se ha generado ese archivo de computadora, puede ser alimentado a una impresora 3D que puede interpretar las coordenadas para recrear el diseño utilizando varias técnicas y sustratos para crear una representación física del archivo en computadora (Gilchrist, 2016).

La fabricación aditiva es el proceso por el cual un archivo de computadora en 3D se hace físico mediante la adición capa por capa hasta la formación del mismo. El material utilizado puede ser papel, resina, metal, plásticos entre otros. Es más común encontrarlo con el término de impresión en 3D. Este concepto en la actualidad, es decir en 2018, año en curso, ya se lleva a cabo en diversas empresas, esto para la impresión de piezas prototipo, así como de gage (herramientas de medición) utilizados para la verificación de los componentes fabricados en las industrias. Representan un costo menor a mandarlos fabricar con un externo y el retorno de inversión es de menos de un año.

El nivel de la fabricación por adición ha experimentado un desarrollo destacado en los últimos años comprometido a la urgencia, exactitud y ahorro que permite. De hecho, según una publicación de oportunidades de compra elaborado a partir de los datos del Wohlers Report 2013 y cifras de Roland Berger y Frost & Sullivan, el mercado mundial de la industria aditiva mueve cerca de 3.500 millones de dólares anuales. Número que se alerta continúe creciendo incluso superar los 6.000 millones en tres o cuatro años. fabricación aditiva división sanitario.

Con esta técnica al presente se elaboran una gran diversidad de componentes, principalmente en los sectores de la salud y la industria aeroespacial que, hoy por hoy, son los más maduros en la concentración de la fabricación aditiva. La utilización de la fabricación por adición en estos ámbitos permite lograr desde implantes personalizados según las necesidades del paciente, incluso componentes para los motores de las aeronaves que soportan 700° de temperatura de forma continua. La impresión 3D o fabricación aditiva, es una tecnología que trae consigo una importante innovación industrial en el sentido de minimizar los costos y acortar las cadenas de suministro. Por ejemplo, si uno diseña sus propios artículos sería fácil vender los archivos de estos diseños por internet, donde los usuarios que los compren en línea, los descargarían e imprimirían en estos equipos de impresión 3D.

En cuanto a innovación y desarrollo de estas tecnologías, en el mundo se viene trabajando en temáticas como: la optimización de los sistemas a través del control avanzado para mejorar la precisión y terminado superficial, caracterización y aplicación de nuevos materiales para las diferentes técnicas de PR, aumento en la velocidad de fabricación, aumento en los tamaños de los prototipos, disminución de costos, minimizar efectos post-proceso (Edgar, et all, 2012).

Sin embargo, este término se asocia más bien a la impresión hecha en casa o en comunidad, mientras que, si se aplica en tecnologías de producción y a cadenas de suministro, se suele utilizar el término, fabricación aditiva (additive manufacturing, AM, o rapid manufacturing) (Fontrodona Francolí & Blanco Díaz, 2014).

ASTM (American Society for Testing and Materials, Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) propone la denominación “Fabricación aditiva” y la define como “el proceso de unir materiales para fabricar objetos 3D a partir del modelo CAD (Computer Aided Design, Computación Asistida por Computadora) 3D, normalmente capa sobre capa, en oposición a las metodologías sustractivas de fabricación como el fresado, el torneado y el esmerilado (Ramírez López-Para & López Soto, 2011).

A continuación, se presenta la siguiente tabla 3, donde podemos observar las tecnologías ya existentes y después las aplicaciones de las mismas. Es importante notar como una tecnología puede tener una o más aplicaciones las cuales las están llevando a adquirir cada vez más fuerza de utilización en la industria.

<b>Fabricación Aditiva</b>	
<b>Tecnologías Existentes</b>	<p><b>SLA</b>, Estereolitografía.</p> <p><b>SLS</b>, Selective Laser Sintering (Sinterizado Selectivo por Láser).</p> <p><b>DMLS</b>, Direct Metal Laser-Sintering (Sinterizado Directo de Metal por Láser).</p> <p><b>DMD</b>, Directal Metal Deposition (Deposición Directa por Metal).</p> <p><b>FDM</b>, Fuse Deposition Modeling (Modelado por Deposición Fundida).</p> <p><b>LOM</b>, Laminated Object Manufacturing (Fabricación de Objetos Laminados).</p> <p><b>3DP</b>, 3-Dimensional Printing (Impresión Tridimensional).</p> <p><b>DLP</b>, Digital Light Processing (Procesado de Luz Digital).</p> <p><b>Sistemas de Inyección de Polímero</b></p>
<b>Aplicaciones Posibles</b>	<p><b>Prototipado rápido</b></p> <p>Modelos conceptuales, prototipos funcionales. Prototipos técnicos.</p> <p><b>Rapid tooling</b> (Fabricación rápida de herramienta)</p> <p>Direct Tooling: no hay necesidad de modelos. Indirect Tooling: puede incluir un modelo generado por un prototipo rápido y un proceso secundario de transferencia de material.</p> <p><b>Rapid Manufacturing</b> (Fabricación rápida)</p> <p>Productos finales</p> <p><b>3D Desktop Printers</b> (impresoras 3D de escritorio)</p>

*Tabla 3. Fabricación aditiva: tecnologías y aplicaciones, fuente: (Ramírez López-Para & López Soto, 2011).*

A diferencia de los métodos tradicionales de fabricación o manufactura sustractiva, la impresión 3D, crea objetos sin necesidad de moldes, tornos, sierras u otras herramientas. De esta forma como el modelado sólido 3D facilita el diseño de formas complejas y su representación gráfica, el prototipado rápido permite la fácil materialización de una maqueta real o de un modelo funcional fomentando una cultura de “hágalo usted mismo”.

#### **2.3.4.7 Computación en la nube (cloud computing)**

La computación en la nube es similar a muchas tecnologías que han existido para décadas realmente salió, en el formato que ahora reconocemos, a mediados de la década de 2000 con el lanzamiento de Amazon Web Services (AWS). AWS fue seguido por RackSpace, CE de Google y Microsoft Azure, entre muchos otros.

La visión de Amazon de la nube estaba en hiper-aprovisionamiento; mientras construyó centros de datos masivos con hipercapacidad para cumplir con su escala web requisitos. Amazon luego tomó la iniciativa empresarial para alquilar capacidad adicional a otras compañías, en forma de cálculo de arrendamiento y recursos de almacenamiento en una base utilizada.

“El modelo de esta arquitectura tiene como base a “Las granjas de servidores”, éstas eran similares en su arquitectura al procesamiento en red (grid), sin embargo, mientras que las redes se utilizan para aplicaciones de procesamiento técnico con un acoplamiento más bien débil (consistentes en un sistema compuesto de subsistemas con cierta autonomía de acción que mantienen una interrelación continua entre ellos formando una “supercomputadora virtual” para realizar grandes tareas), la nube orientó sus aplicaciones a los servicios de Internet” (Ávila Mejía , 2011).

Computación en la nube (Cloud Computing) es un concepto que ha sido aceptado y hace referencia al uso de sitios en internet entendiendo estos lugares como “la

nube”, dando así al usuario la sensación de un trabajo local sin necesidad de conocer la infraestructura que sostiene esta “nube” solo es necesaria una conexión a Internet(Torres Mendoza & Hernández García , 2015).

El modelo de la nube ha demostrado ser enormemente exitoso. Microsoft y Google. Siguió el liderazgo de Amazon, al igual que muchos otros como IBM, HP y Oracle. En esencia, la computación en la nube todavía está siguiendo el pago anticipado de Amazon, ya que se utiliza fórmula, que hace que la computación en nube sea financieramente atractiva para las PYME (pequeña a las medianas empresas), como los costos de operación de un centro de datos y la infraestructura tanto de TI como de redes puede ser paralizante.

Las características de computación en la nube son las siguientes:

- a) Autoservicio bajo demanda. – un consumidor puede solicitar servicios según sean sus necesidades, por ejemplo, tiempo en servidor, almacenamiento en red o alguna licencia temporal de software que opere bajo el esquema de la nube.
- b) Amplio acceso a la red. – En la red se puede encontrar disponibles todas las capacidades pudiendo acceso desde cualquier dispositivo en cualquier lugar solo con internet.
- c) Reservas de recursos en común. – Los recursos se pueden poner compartidos para que las que lo necesiten con características en común tengan acceso a ello.
- d) Rapidez y elasticidad. – Las capacidades suelen considerarse ilimitadas y pueden adquirirse en cualquier cantidad y en cualquier momento.
- e) Servicio supervisado. - Los sistemas de nube controlan y optimizan el uso de los recursos de manera automática utilizando una capacidad de evaluación en algún nivel de administración adecuado para el tipo de servicio.
- f) Es auto reparable. - los sistemas en la nube son arquitecturas automáticas teniendo la capacidad de generar respaldos de forma periódica, de manera

que si ocurre una falla entra el último respaldo generado y así es casi nula la pérdida de información.

- g) Es escalable. – Mediante el análisis de servicio ofrecido se establece el número de servidores para cubrir las demandas de operaciones de forma rápida y eficiente evitando en la medida de lo posible los cuellos de botella.
- h) Virtualización. - El usuario es libre de usar la plataforma que desee en su terminal (Windows, Unix, Mac, incluyendo tecnologías móviles: Android e IOS) ya que son independientes del hardware, al utilizar las aplicaciones existentes en la nube puede estar seguro de que su trabajo conservará sus características al usarla bajo otra plataforma.
- i) Posee un alto nivel de seguridad. – Este sistema está creado en su infraestructura para compartir sin ver afectada la seguridad y la privacidad.
- j) Disponibilidad de la información. – La información no se encuentra en dispositivos físicos sino en virtuales, permitiendo así acceso con el uso de internet con la debida autorización en cualquier momento y lugar (Hernández Quintero & Florez Fuente, 2014).

### **2.3.5 Cadena de valor en industria 4.0**

Todas las empresas se esfuerzan por optimizar su cadena de valor, independientemente de su tamaño, ya que necesitamos socios quizás en diseño y desarrollo, mercadeo o con su cadena de suministro. El objetivo del fabricante es, como en las empresas, centrarse en las disciplinas centrales que producen ganancias y tercerizan el suministro, la logística, el marketing y las ventas. Su perspectiva es reducir los gastos y maximizar las ganancias.

Después de todo, las grandes empresas se vuelven rentables y exitosas porque hacen algo mejor que sus competidores, pero a veces incluso una pequeña empresa hace una tarea mejor, ya que se centran en una tarea específica y pueden hacerlo de manera más eficiente. Por lo tanto, la cadena de valor requiere que los grandes fabricantes se unan con los socios que tienen habilidades en ciertas disciplinas para reducir costos.

Hay dos componentes de una cadena de valor empresarial: actividades horizontales y actividades de apoyo vertical. Las actividades horizontales se relacionan directamente con la fabricación cadena, que se refiere a cada paso del proceso de fabricación del producto. Las actividades de soporte vertical, como TI, ventas y marketing, se relacionan con la producción hasta el servicio posventa. Los valores primarios u horizontales se relacionan directamente con el valor que se puede agregar a la producción, venta, soporte y mantenimiento del producto. Primario las actividades agregan valor al producto e incluyen funciones tales como:

- Logística de entrada: estos son costos y esfuerzos que traer las materias primas a la empresa. Ellos podrían implicar costos de materias primas, costos de aterrizaje, impuestos y el costo de almacenamiento y distribución.
- Operaciones: aquí es donde se agrega valor a la materia prima material transformándolo en un producto vendible y aquí es donde se determina el beneficio.
- Logística de salida: estos son los costos inherentes asociados con envío de productos a los clientes. Por lo tanto, todas las funciones de almacenamiento, distribución y mantenimiento las acciones vienen bajo la logística de salida. Tradicionalmente, saliente los costos logísticos pueden ser muy altos, de ahí la iniciativa para reducir el almacenamiento y el riesgo de contener demasiado stock por el movimiento para producir a pedido. Produciendo en demanda o en un pedido en firme para productos de alto costo en gran medida reduce este riesgo.
- Marketing y ventas: el valor también se agrega en el marketing y etapa de ventas, por la cual el producto pasa el papel publicitario para convencer a los clientes que es un producto ellos desean.
- Servicio: después de la venta la función de servicio considera el valor de mantener un producto a lo largo de su ciclo de vida.

El otro componente de la cadena de valor que no debe pasarse por alto es el soporte función, y comprende estas características de reputación:

1. Infraestructura de la empresa: se relaciona con la estabilidad de la compañía es y cuando son respetables sus productos, la calidad de bienes y su capacidad de servicio.
2. Recursos humanos: se relaciona con la forma en que la empresa maneja su fuerza de trabajo. La reputación se basa en muchos factores tales como la forma en que una compañía trata a sus empleados. Este es un factor importante que nunca se debe pasar por alto.
3. Desarrollo de tecnología: este factor se relaciona con innovación y calidad de la tecnología y la ingeniería equipos y su posterior reputación para producir bueno, apto para productos resueltos.
4. Adquisiciones: esta es la capacidad de obtener y acceder a un costo razonable una fuente confiable de materia prima o componentes, y esto requiere una buena reputación de los proveedores dentro del negocio.

Uno de los últimos debates de la última edición de Modaes.es Business Foodies, celebrada en Madrid, en que participaron directivos de empresas de moda como El Ganso, Intropia, Pepe Jeans o Tuc y que contó con el patrocinio de Lectra. Bajo el título Moda 4.0: el nuevo time to market, se determinaron diferentes puntos de vista como lo fue cómo la tecnología ha transformado el sector de la moda en las fases iniciales de la cadena de valor.

La integración de todos los procesos que forman parte de la cadena de suministro es el primordial objetivo que deben fijarse las empresas del sector, según coincidieron los participantes en la mesa. Fernando Aparicio, profesor en el Instituto de Empresa y experto en operaciones, señaló que esta integración debe ser lo más perfecta viable ya que el nivel de requerimiento cada vez es más alto. “El consumidor no sólo pide más y más cosas, sino del mismo modo más urgente, los nuevos canales de comercialización son cada vez más exigentes y la tecnología aplicada puede suplir todo lo que conocemos incluso hoy a través de la impresión 3D”, explicó el experto.

## 2.4 Estado del arte

Año	Revista	Título del artículo	Autores	Resumen
2001	International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	Critical success factors in agile supply chain management - An empirical study	Damien, Amrik, & Shams-Ur	Se hace un estudio de las empresas menos ágiles de las más ágiles para comparar en cuestión de factores que hacen de diferente que marcan sus cadenas de suministro, así como el soporte que le brindan, el rol de los proveedores para promover la productividad y la mejora de los procesos.
2010	Universia business review	Los cuatro arquetipos de cadenas de suministro.	Canella, Clancimino, Framinan, & Disney.	En este artículo se presentan cuatro arquetipos de cadenas de suministro, haciendo un enfoque especial en demostrar porque hay obstáculos al avanzar de lo tradicional ó clásico como hace mención sus autores a lo que hoy llaman cadena de suministro sincronizada, las interacciones con los clientes, detectar áreas

				de oportunidad y necesidades para mejorar.
2013	Integración y comercio	Industria 4.0 (casos de estudio)	Meniw	En este artículo hace referencia a dos empresas indias que hicieron cambios apostando a industria 4.0 y cuentan su historia de éxito, es importante hacer mención que india tiene esta revista donde hace comparaciones con negocios de américa latina, el avance que estan teniendo y los resultados.
2015	ELSEIVER	Industry 4.0 Learning Factory for Regional SMEs	Faller & Feldmuller	Este artículo nos hace mención de la adaptación de las modernas tecnologías, sus escenarios y optimización para la producción. La eficiente automatización con la comunicación entre tecnologías, que es muy importante al hablar de una cuarta revolución industrial.
2016	ELSEIVER	Opportunities of sustainable	Stock & Seliger	El desarrollo de nuevas tecnologías y por lo tanto nuevos conceptos

		manufacturing in industry 4.0		con estos avances, hace que se necesite estudiar y analizar cada cambio en la manufactura de productos, cuales son los factores influyentes asi como las áreas de oportunidad y mejora, este artículo muestra una punto de vista de cambios en manufactura para hacer sustentable un negocio con la introduccion de productos inteligentes.
2016	Orkestra	La servitización como estrategia para la evolución competitiva de la industria.	Kamp	En la competitividad de los negocios la palabra servitización hace cada vez mas auge a mezclarse con nuevos conceptos que comuniquen al usuario y fabricante, intruduciendo conceptos del nuevo tema en industria 4.0 y la influencia de esta en la industria manufacturera.
2017	DYNA	Aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 al diseño y fabricación de	Alexandre, Salguero, Peralta Álvarez, Aguayo Gonzalez, & Ares.	Al contemplar los factores de una cadena de suministro tradicional, se debe enfocar a estudios ya hechos, este artículo es una

		productos artesanales.		aplicación de industria 4.0 a productos.
2017	Revista internacional y comparada de relaciones laborales y derecho del empleo	La transformación digital.	Chakrabarti	En este artículo se hace un resumen de como es el progreso de la transformación digital, como las empresas estan asimilando los cambios en cuestión al avance tecnológico y el trabajo con las personas en sensibilización al nuevo proceso.
2017	DYNA	Nuevas metodologías centradas en el usuario para la creación de software en la industria 4.0	Aranburu Zavalo, Lasa Erle, Reguera , Kepa Gerrikagoita, & Iruretagoiena.	Aquí podemos hacer un analisis de aquellas metodologias que según los autores se adecuan mas al modelo de industria 4.0, trabajo con robots y el nuevo concepto de fabricacion aditiva.

*Tabla 4. Estado del arte. Fuente propia*

## Capítulo 3. Metodología

### 3.1 Metodología

Conforme ha pasado el tiempo el sistema de economía de mercado se ha ido estableciendo mundialmente, ha hecho que la logística de la cadena de suministros se desarrolle y mejore, mostrándose como una organización de técnicas de avance rápido en la gestión. La reducción de materiales (utilizando lógica inversa), así como mejoras en productividad son contribuciones del desarrollo logístico, que ha llevado a desempeñar un papel importante en el desarrollo económico y social de cualquier país (Li & Lu, 2012).

Los autores de diferentes libros acerca de la gestión de la cadena de suministro expuestos en el capítulo 2, convergen en que el origen de SCM está en la logística, se tienen diversas actividades en SCM, pero la que se considera más importante por utilización y de la cual se sugiere partir es de la logística, la información y localización del producto está en los sistemas logísticos y la fluidez con que llega la información,

Para analizar los factores a considerar en la cadena de suministro que oriente para evolucionar a una cadena de suministro 4.0 se hace una comparación de lo ya expuesto por autores y la propuesta de este. Entendiendo por industria 4.0 toda información generada en la industria utilizando sistemas tecnológicos que conecten la información y permitan la utilización de la misma en tiempo real.

Para ello, se propone los siguientes factores (tabla 5) tomando en cuenta la investigación revisada y llegando a la conclusión de que los autores concuerdan en los mismos (tabla 6):

<b>Factor de la cadena de suministro</b>
Logística (sistemas de transporte)
Sistemas de información
Sistemas de integración interna y externa
Manejo de sistemas de inventarios
Planeación del recurso

Tabla 5. Factores propuestos. Fuente propia

Autores / factores propuestos	Logística	Sistemas de información	Sistemas de integración interna y externa	Manejo inventarios	Planeación del recurso
Blanco Rojas et al (2017)		*		*	
Ceballos (2016)	*			*	*
Arango Serna et al (2013)			*	*	
Pérez Lara et al(2016)	*		*		
Joyanes Aguilar (2017)		*	*		
Lee, Hung-An & Shanhu (2014)				*	*
Corrales Prieto & García Alcaraz (2012)	*	*			
Barreto, Amaral, & Pereira (2017)	*	*		*	*

Tabla 6. Autores vs factores propuestos, Fuente propia.

En estos factores de cualquier cadena de suministro se aplican las herramientas que maneja industria 4.0 tanto interna como externamente a lo largo de la cadena de suministro. En la tabla 7 se muestra un resumen de los conceptos que abarca cada una de estas herramientas, así como su clasificación en introducción a la

cadena de suministro, mostrándose un orden propuesto para iniciar con las herramientas 4.0 siendo las 4 primeras las básicas a implementar a cualquier proceso, departamento, etc.

Áreas	Conceptos	Clasificación
Internet de las cosas	Conexión de la información obtenida con internet.	5
Integración de sistemas	Sistemas departamentales integrados y conectados	1
Ciberfísica y ciberseguridad	Unión de los sistemas físicos y de los sistemas digitales	4
Cloud computing	Almacenamiento de la información en la nube con acceso remoto.	3
Big data	Análisis y procesamiento de los datos obtenidos del producto sometido a proceso, transporte, verificación, etc.	2
Simulación	Modelación virtual de los escenarios.	6
Impresión 3D	Diseños personalizados y complejos, que	8
Realidad aumentada	Interacción entre máquinas y personas, de productos en tiempo real.	10
Robótica colaborativa	Fabricación flexible entre personas y robots	9
Gestión de energía	Ahorro en el consumo de energía.	7

*Tabla 7. Conceptos de herramientas 4.0. Fuente propia*

De la información revisada se concluyó que el factor más importante, según los autores es el manejo de inventarios, es aquí donde la bibliografía centra las investigaciones como primer cambio a considerar tener una empresa para empezar a considerarse 4.0. En el análisis de datos obtenidos durante toda fabricación, transporte y almacenaje, se hace necesario el uso de la computación en la nube para almacenar la gran cantidad de datos obtenida, que a su vez se comparte en el internet de todas las cosas, proporcionando así un ambiente en el cual se tienen datos reales en tiempos reales.

El tener implantado el internet de todas las cosas en la cadena de suministro resulta beneficiosa y factible, y se propone que aquellas empresas que la tengan ya implantada o que no saben de dónde comenzar este es un punto de partida objetivo para comenzar a ser industria 4.0. Hay casos reales que demuestran este punto como lo es:

- Caso Intel

Predixion Insight y la tecnología de Intel aportan una solución tecnológica para mejorar la solución de mantenimiento de la flota de vehículos. Los gestores de las flotas estas apoyándose en el análisis de predicción en cuanto al mantenimiento, de modo que se anticipan a las averías de los componentes antes de que sucedan. Predixion Insight tiene el poder de analizar los datos encontrados en la nube, reduciendo así el volumen de información que necesita ser transmitido.

- Caso Taberna Goyesca

Tahona Goyesca es empresa líder de Aragón en el sector de la panadería y pastelería. Esta panadería artesanal tiene varias tiendas, cuatro puntos de producción y una flota de automóviles que hacen entregas a 30 domicilios diferentes todos los días. Tahona Goyesca hornea y distribuye su producto, el cual requiere de condiciones óptimas para llegar al cliente con la calidad que lo requiere. Las entregas se hacen por la mañana para optimizar el tiempo de transporte y así lograr la satisfacción del público.

### **3.2 Pre requisitos a cumplir para migrar de una industria actual a industria conectada (industria 4.0).**

Se proponen los siguientes pasos para comenzar con la migración a industria 4.0, partiendo de cualquier cadena de suministro la ruta a seguir es:

## 1. Conocer la posición inicial de la empresa

Esto es identificar el nivel de madurez que se tiene en cuestiones digitales, una empresa que aún tiene divididos sus departamentos, los cuales por separado funcionan, pero de manera particular se consideran como iniciador digital. Sin embargo, si estos departamentos funcionan de forma interna conectados compartiendo información se le denominaría integrador vertical, la siguiente fase incluye no solo tener departamentos internos conectados sino también compartir información con las empresas colaboradoras externas.

Esto es de modo compartir información de la cadena de suministro así como implementación de buenas prácticas, objetivos en común y mejoras al sistema de flujo de información, de esta manera la empresa estaría en un nivel de colaborador horizontal, una vez dado los primeros tres pasos el paso 4 sería ser empresa digital donde los departamentos de mejoras citados en la fase 3 han llegado a su nivel más alto de colaboración y trabajan beneficiándose de la información proporcionada, obteniendo así transparencia en sus operaciones y optimización constante de la cadena de suministro.

## 2. Definir objetivos

Aquí se pretende definir a donde se debe llegar de acuerdo a la madurez de la empresa, a continuación, se verá paso por paso de acuerdo a la madurez de la empresa una propuesta de que ruta seguir empezando desde 0

- Iniciador Digital; en esta etapa el primer objetivo a definir sería integrar los departamentos internos, de modo que cada uno comparta información en tiempo real y se puedan tener los accesos, definiendo

que una empresa del ramo que sea tiene integrado sus departamentos de la forma que se aprecia en la ilustración 3:

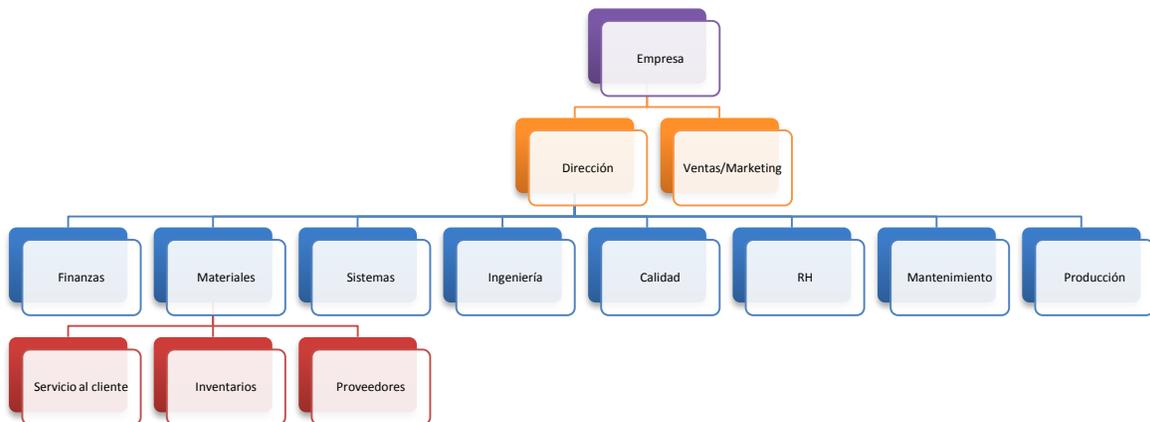


Ilustración 3 Departamentos en la industria. Elaboración propia.

La empresa, dirección y ventas, deben poder tener acceso en tiempo real a datos generados por cada uno de los departamentos como lo son finanzas, materiales, sistemas, ingeniería, calidad, RH, mantenimiento, y producción. Tomando en cuenta que la cadena de suministro global, esto es la iniciada con la orden de compra del cliente, que genera toda una serie de actividades en cada uno de sus eslabones, está compuesta a su vez en pequeñas cadenas de suministro generadas por cada una de los proveedores de la empresa que genera el producto deseado para el cliente final.

Estas micro cadenas de suministro son la parte fundamental de integración interna, como iniciador digital la primera parte es empezar a generar sistemas de información que fluyan en todos los

departamentos mediante pequeños cambios en tecnología, que generen datos para ser analizados en big data, colocarlos en lo que llaman la nube, implementando medidas de seguridad de información para después ser colocados en el internet de las cosas, para tener acceso a datos reales obtenidos del proceso interno de la empresa.

- Integrador vertical; como integrador vertical las etapas de unir los departamentos para compartir la información ya completada, lo que sigue en objetivos sería incluir a las empresas de proveedores para que adopten las buenas prácticas y tener una visión extendida de la cadena de suministro. Teniendo así opciones de decisiones de compra, estableciendo que una empresa matriz necesita un material para su producción y que tiene 2 proveedores que les surten ese material, compartiendo información podría visualizar; 1.- quien tiene el material en almacén y con la cantidad que necesita, y si no cuanto tiempo le lleva producirlo y cuál sería su tiempo de entrega y 2. Analizar tiempos de llegada del material a la empresa. De esta forma tomar la decisión va a depender de los factores de llegada y posiblemente de costo, donde no siempre lo más barato es mejor si el tiempo de llegada será tardío y por lo tanto las entregas se vean retrasadas.
- Colaborador horizontal; en esta madurez la empresa ya tiene la mayor parte de avance y necesita enfocar sus objetivos a optimizar toda la cadena de suministro, ya integro los sistemas verticales y horizontales, tiene una planeación del recurso, generando datos de cada uno de los procesos internos y externos, sistemas de información conectados y analizados con metodologías big data, los cuales se almacenan en la nube, protegidos por medidas de ciberseguridad para ser compartidos mediante el internet de todas las cosas y así tener

mejoras en toda la parte de la logística de transporte e inventarios, visualizados a su vez en tiempo real en la cadena de suministro global.

- Empresa digital; las compañías que estén en este nivel de madurez han alcanzado el nivel más alto de colaboración de todos los eslabones de la cadena de suministro, hasta este punto se ha propuesto la utilización de los 5 factores propuestos que son sistemas de integración vertical y horizontal, planeación del recurso, sistemas de información, logística de transporte y manejo de inventarios, haciendo uso de 5 de las herramientas que maneja industria 4.0 que son sistemas integrados, big data, cloud (la nube), ciberseguridad y Ciberfísica e internet de todas las cosas.
  - Sin embargo, desarrollando los factores propuestos en esta etapa de empresa digital la siguiente fase será incluir el resto de las herramientas 4.0 para mejorar lo ya instalado, en la tabla se propone el orden, descartando las 5 herramientas ya expuestas, quedaría simulación, fabricación aditiva, gestión de energía, robótica colaborativa, y realidad aumentada.
3. Definir cómo se va a llevar a cabo la implementación, detallar los pasos a seguir de acuerdo a la madurez para avanzar al siguiente nivel.
  4. Pilotos pequeños; empezar con aquellos primeros cambios que permitan un resultado a corto plazo, que permitan generar los primeros datos y no representen un alto costo tanto de tiempo como de inversión de dinero.
  5. Implementaciones clave; teniendo éxito en los pilotos pequeños, la implementación puede continuar en aquellos eslabones claves, donde el beneficio esperado es mayor, podría involucrar clientes clave, regiones o criterio de segmentación de la cadena de suministro que den un cambio

mayor a largo plazo y permitan evolucionar a un nuevo nivel respecto de la competencia.

### 3.3 Factores claves propuestos de la cadena de suministro actual a contemplar para migrar a industria 4.0

Pasar de una empresa tradicional con procesos automatizados, pero no conectados, representa todo un reto, implementar con éxito herramientas 4.0 para ser una industria conectada en cadena de suministro permite transformar la producción aislada y dispersa en flujo de información totalmente integrado, automatizado y optimizado, logrando eficiencia en las relaciones de fabricación entre proveedores, productores y clientes.

El flujo de información es clave en una cadena de suministro, es un ciclo que empieza en la obtención de los datos de los eslabones de la cadena de suministro mediante internet, los cuales se filtran y seleccionan en big data, para posteriormente enviar la información obtenida a la nube, obteniendo aprendizaje automático que da como resultado soluciones óptimas, en la ilustración 4 se puede observar la interacción de este proceso.

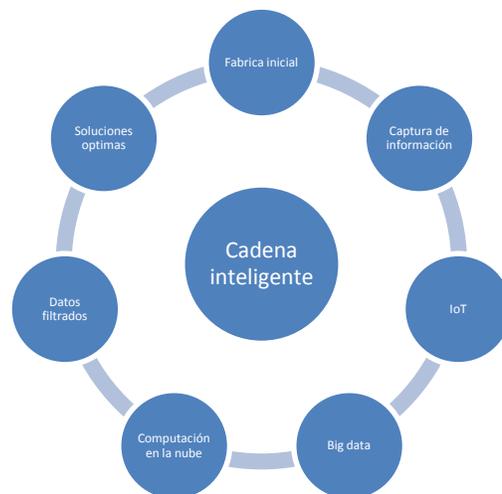


Ilustración 4 Interacción de la cadena de suministro inteligente propuesta. Fuente: Elaboración propia.5

Retomando el modelo de dirección de la cadena de suministro de la figura 2 expuesta en el capítulo 2, podemos observar el flujo de información entre empresas, actividades de la cadena de valor y eslabones de la cadena de suministro conformados por los proveedores, producción, logística, ventas y cliente.



Ilustración 2 Modelo de dirección de la cadena de suministro. Fuente: Ballou, 2004.

De acuerdo con los objetivos de esta tesis mencionados al inicio e integrando las herramientas 4.0 a los factores que se consideran los más relevantes en materia de migrar hacia una cadena de suministro 4.0, el modelo de cadena de suministro conectado sería el ilustrado en la figura, que muestra como principales eslabones la integración de sistemas verticales y horizontales, planeación del recurso (humano, de equipo, producto, proceso y organización), sistemas de información a lo largo de toda la cadena de suministro desde el cliente-proveedor de materias primas, logística y manejo de inventarios, tal como podemos ver en la ilustración 5.

# Computación en la nube

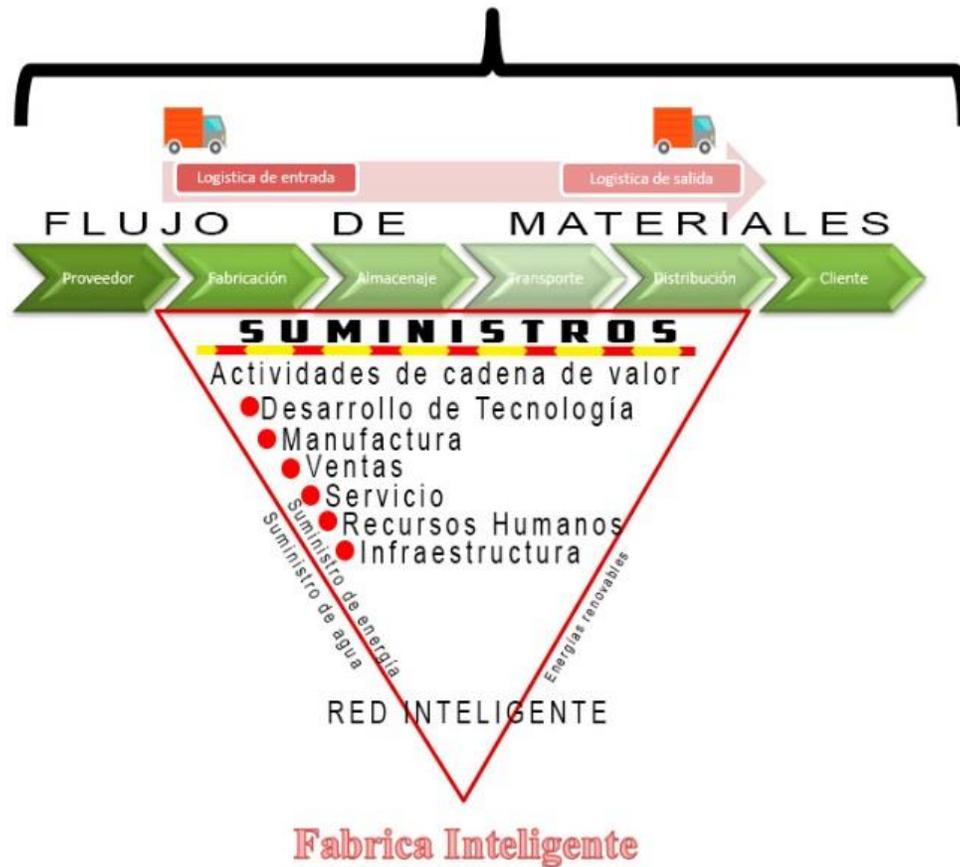


Ilustración 5 Propuesta de cadena de suministro 4.0. Elaboración propia

El modelo de propuesta como clave de factores encontrados son:

1. Sistemas de integración interna y externa.

Se propone comenzar con este factor, las cadenas de suministro en sus departamentos la integración para que la información fluya interna de manera eficiente y pueda convertirse en buenas prácticas es clave para alinear a sus proveedores de materia prima, que sería la integración externa.

2. Sistemas de información.

Obtener los datos de cada parte del producto en el proceso se ha vuelto parte importante para el análisis, comprensión y optimización de toma de decisiones. Poder conectar cada máquina, proceso, mano de obra, permite

observar en tiempo real mejoras, prevenir problemas, hacer pronósticos acertados y tener rutas alternas.

3. Planeación del recurso.

Una asignación óptima de los recursos (inventarios, transporte) y activos (capacidades de almacenamiento, producción, abastecimiento) a lo largo de la cadena, va a permitir cumplir con los requerimientos estratégicos de rentabilidad y servicio al mercado. El enfoque debe ser en 4 procesos de suministro que son entrega, distribución, transformación y abastecimiento. Los procesos de suministro deben estar siempre subordinados a la oferta de valor al mercado y a los procesos de generación de demanda y deben, además, operar en tiempo real.

4. Logística.

Su función principal radica en coordinar las actividades necesarias para alcanzar los niveles de servicio y calidad deseados al menor costo posible, además de favorecer los flujos de materiales, dinero e información a través de toda la Cadena de Suministro, agregando valor al incrementar actividades o reducirlas, mejorando costos del cliente, tiempos de ciclo y costos de Inventario.

5. Manejo de sistemas de inventarios.

Es la gestión de las existencias de producto, materias primas, ensambles, consumibles, etc. Que tiene como prioridad mantener al límite de reducción máximo sus niveles sin afectar la capacidad de respuesta a la demanda del cliente. Contar con una correcta gestión de inventarios es clave para determinar modos y tiempos de entrega, sobre todo en empresas dedicadas a la producción de bienes.

### **3.4 Análisis e interpretación de los resultados.**

Para validar la metodología propuesta se realizó una encuesta en línea de google con reactivos de acuerdo con la escala Likert, el cual es un método de investigación de campo sobre la opinión de un individuo sobre un tema. Se generó un cuestionario

que identifico el grado de acuerdo o desacuerdo de cada pregunta en el tema de cadena de suministro, factores clave e industria 4.0, con 5 niveles.

Las gráficas arrojadas en resumen por pregunta de la encuesta generada, la cual se puede encontrar en la sección de anexos (ver anexo1), están divididas en posición de trabajo, conocimiento de industria 4.0 concepto, opinión de acuerdo o desacuerdo con las afirmaciones hechas y culmina con información de los encuestados, los resultados son las siguientes:

### 1. Which industry does your work belong to?

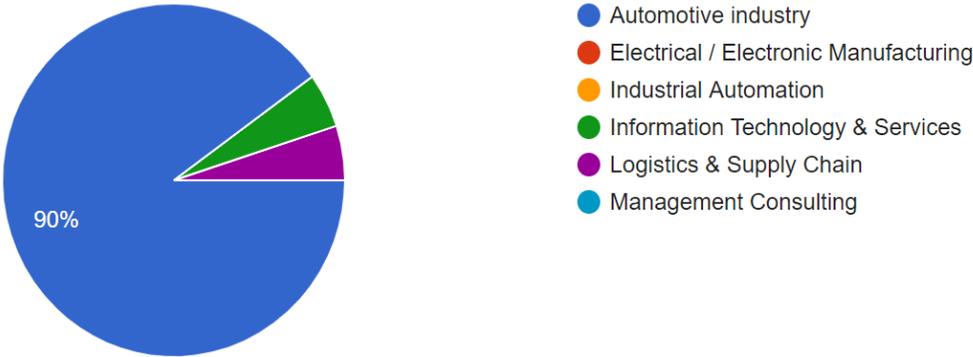


Ilustración 6 Encuesta pregunta 1. Elaboración propia.

La encuesta está centrada en un 90% en la industria automotriz que para fines de alcance es la que podemos determinar como clave en este cambio de industria 4.0, según la ilustración 6 expuesta arriba.

3. What is your knowledge about the new improvements under the concept digitally connected industry or industry 4.0?

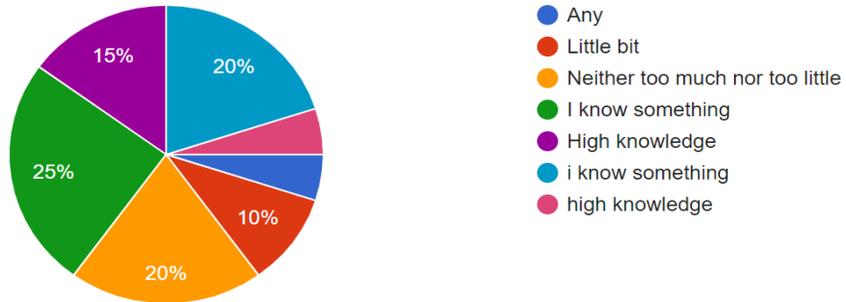


Ilustración 7 Encuesta pregunta 3. Elaboración propia.

En la ilustración 7 se aprecia que el 90% de los encuestados conoce de que se trata el tema en industria 4.0 y su opinión con respecto de este tema.

5. With the concept “Industry 4.0 or intelligent manufacturing, integrates production and physical operations with intelligent digital technology, automated learning and big data to create a more holistic and better connected ecosystem for companies that focus on manufacturing and supply chain management” your position is?

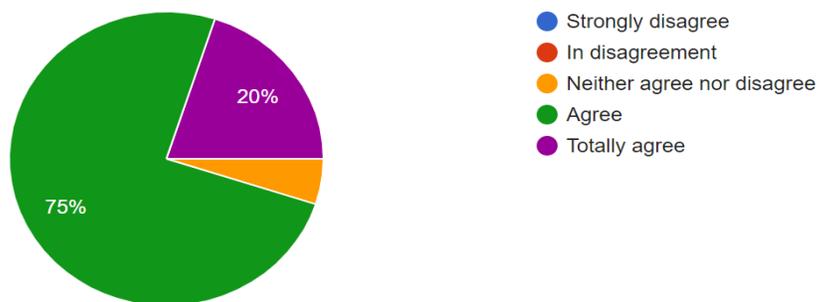


Ilustración 8 Encuesta pregunta 5. Elaboración propia.

En la ilustración 8 tenemos el concepto más amplio de industria 4.0 y que se considera el más apropiado para denominar esta revolución industrial.

**In the next part indicate your position about the statements made.**

6. Internal and external integration systems are a key factor in the supply chain to migrate to industry 4.0.

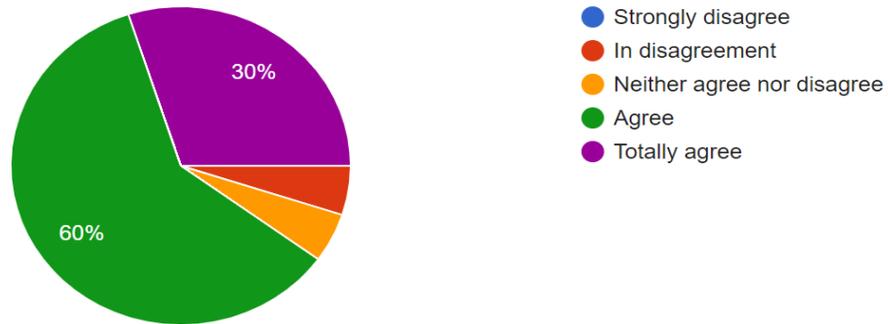


Ilustración 9 Encuesta pregunta 6. Elaboración propia.

La siguiente parte de la encuesta estuvo dada por la posición de los participantes en cuestión a su opinión con los factores propuestos como claves en la cadena de suministro.

7. Information systems are a key factor in the supply chain to migrate to industry 4.0.

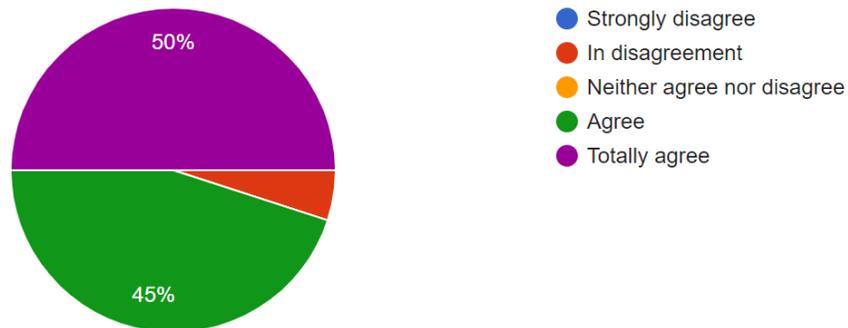


Ilustración 10 Encuesta pregunta 7. Elaboración propia.

El 50% estuvo de acuerdo que los sistemas de información son claves como factor en la cadena de suministro, es fuertemente en concordancia, según la ilustración 10.

8. Resource planning is a key factor in the supply chain to migrate to industry 4.0.

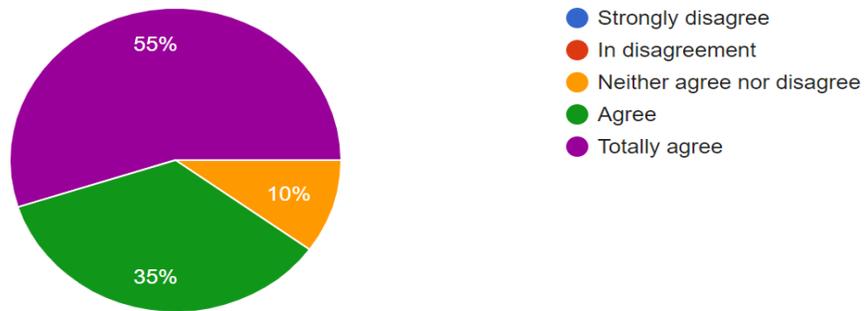


Ilustración 11 Encuesta pregunta 8. Elaboración propia.

En la ilustración 11 podemos apreciar que los encuestados consideran en un 55% la planeación del recurso como clave en la cadena de suministro.

9. Logistics is a key factor in the supply chain to migrate to industry 4.0.

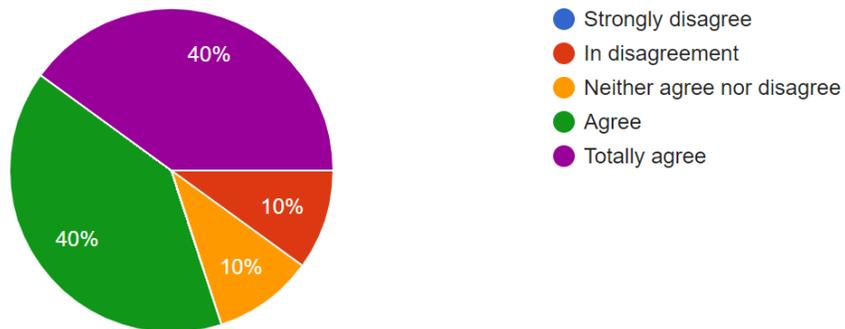


Ilustración 12 Grafico pregunta 9. Elaboración propia.

En la ilustración 12 podemos observar que hay una concordancia dividida, fuerte pero dividida en el factor como clave en la cadena de suministro.

10. The management of inventory systems is a key factor in the supply chain to migrate to industry 4.0.

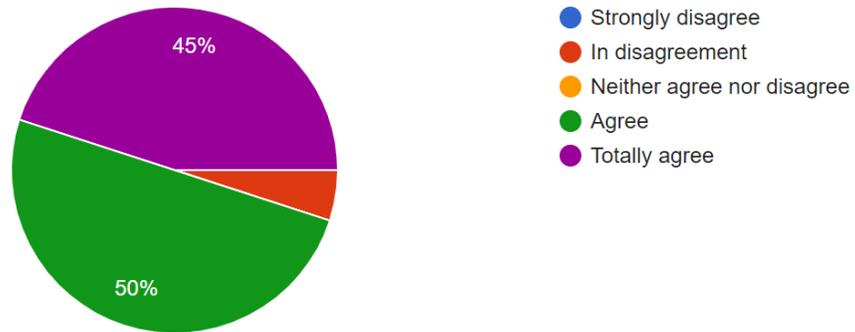


Ilustración 13 Grafico pregunta 10. Elaboración propia.

En la ilustración 13 el 50% considera el manejo de sistemas de inventario como factor clave en la cadena de suministro.

11. The first factor in the supply chain to migrate to industry 4.0 is internal and external integration systems.

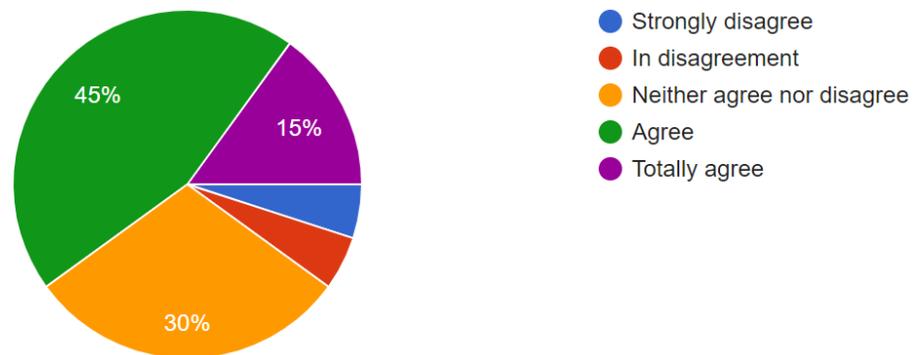


Ilustración 14 Gráfico pregunta 11. Elaboración propia.

En la ilustración 14 vemos que los encuestados en un 45 % más el 15% con un total de 60% consideran el factor de sistemas de integración interna y externa en primer lugar como factor clave para migrar a una cadena de suministro 4.0.

12. The first factor in the supply chain to migrate to industry 4.0 is information systems.

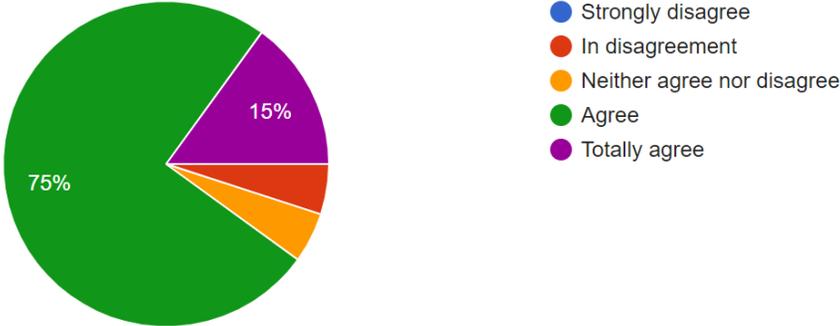


Ilustración 15 Gráfico pregunta 12. Elaboración propia.

En la ilustración 15 vemos que los encuestados en un 75 % más el 15% con un total de 90% consideran el factor de sistemas información en primer lugar como factor clave para migrar a una cadena de suministro 4.0, este fue el porcentaje más alto.

13. The first factor in the supply chain to migrate to industry 4.0 is resource planning.

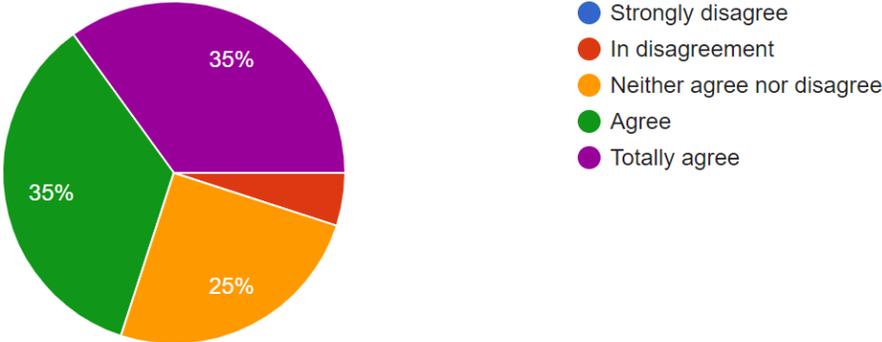


Ilustración 16 Gráfico pregunta 13. Elaboración propia.

En la ilustración 16 vemos que los encuestados en un 35 % total de acuerdo más el 35% de acuerdo con un total de 60% al factor de planeación del recurso.

14. The first factor in the supply chain to migrate to industry 4.0 is logistics.

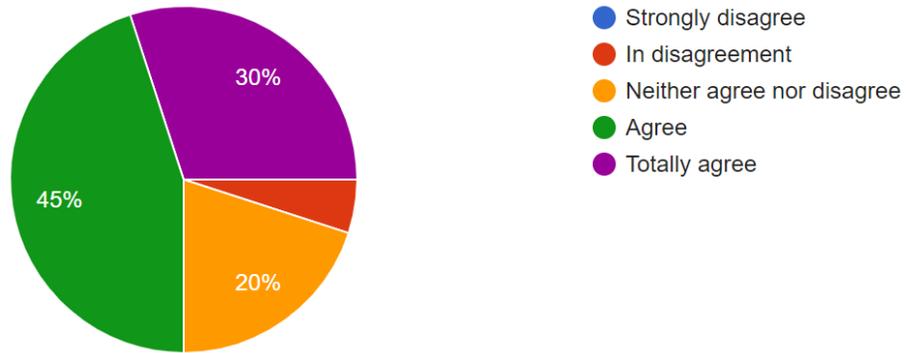


Ilustración 17 Gráfico pregunta 14. Elaboración propia.

En la ilustración 17 vemos que los encuestados en un 45 % más el 35% con un total de 75% consideran el factor de logística en primer lugar como factor clave para migrar a una cadena de suministro 4.0.

15. The first factor in the supply chain to migrate to industry 4.0 is the management of inventory systems.

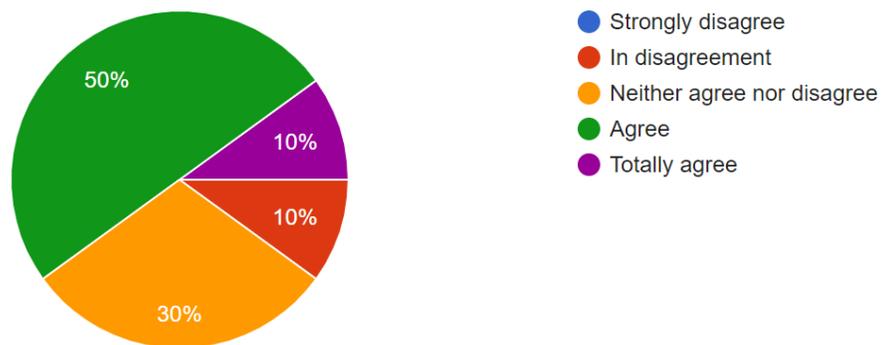


Ilustración 18 Gráfico pregunta 15. Elaboración propia.

En la ilustración 18 vemos que los encuestados en un 45 % más el 35% con un total de 75% consideran el factor de logística en primer lugar como factor clave para migrar a una cadena de suministro 4.0.

16. The order of the factors to migrate to a connected supply chain is internal and external integration systems, information systems, resource planning, logistics, inventory systems management.

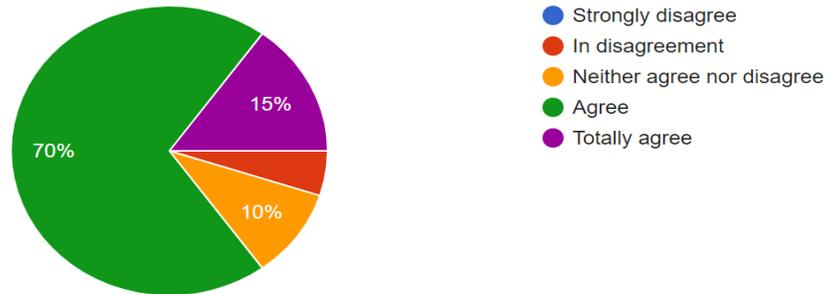


Ilustración 19 Gráfico pregunta 16. Elaboración propia.

En la ilustración 19 vemos que los encuestados en un 45 % más el 35% con un total de 75% consideran el factor de manejo de sistemas de inventario en primer lugar como factor clave para migrar a una cadena de suministro 4.0.

17. For you, which factors are key in the present supply chain to migrate to supply chain 4.0?	
Internet and properly usage of the cloud, if you manage to get the right information from Internet and take advantage to increase your supply chain pro-activeness, delays might be decreased or avoided	It depends on the company. There is no one way to migrate. It should be progressive depending on each case. Some prefer to start with integration systems if they are critical in their business, others give priority to resource planning.
Real time data processing and remote servers availability	Technology according to the process and management involve
Integrated ERP and accurate system information	1. ERP system in place 2. Production system definition (pull or push) 3. Strong Information Systems
IT integration process	Integration of information systems
Internal management of the components and packing, automated supply chain.	Information Systems
Company culture	
Effective communication between final customer and the entire supply chain, combined with the effective planning of resources and production.	Resource planning, logistics, inventory systems management
The logistic and resource planning	Planning, technology.

Tabla 8. Factores clave propuestos por encuestadores. Elaboración propia

En la tabla 8 podemos observar las opiniones de los encuestados con respecto a en su opinión cuales factores son claves en la cadena de suministro para empezar a ver cadena de suministro 4.0, interpretando estos como sinónimos de lo ya expuesto si puede observar.

Adicional a las gráficas se sacó el promedio general de la encuesta, promedio por ítem de los que tienen mayor y menor puntuación. Esto con la finalidad de establecer promedios arriba del valor 3.5 como valores aceptables y debajo de ese promedio como valores inaceptables.

### **3.4.1 Análisis global**

El promedio general de todos los encuestados fue de 4.05. Para decidir si los factores encontrados son claves en la cadena de suministro para cambiar a industria 4.0, se planteó la siguiente hipótesis nula:

Hipótesis nula:

Los factores clave encontrados no son claves en la cadena de suministro actual para cambiar a industria 4.0.

$$H_0 = \mu = 3$$

Hipótesis alternativa:

Los factores clave encontrados son claves en la cadena de suministro actual para cambiar a industria 4.0.

$$H_1 = \mu > 3$$

Para una población de 220 el estadístico a utilizar es el Z.

Para un valor de significancia de  $\alpha = 0.05$

El valor de  $Z=-1.645$

El valor calculado de  $Z$  es:

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma / \sqrt{n}}$$

Donde

$X$ =media del promedio de todos los promedios de los encuestados

$\sigma$  =desviación estándar

$N$ =número de los encuestados

Del análisis de los datos se encontraron los siguientes valores para la desviación estándar y la media.

$X=4.05$

$\sigma =.8452$

$N=220$

$\mu=3$

Calculo de  $Z$

$Z= 0.877$

Como el valor encontrado  $Z=0.877$  es mayor que el valor de  $z$  en tablas, se acepta la hipótesis alterna “Los factores clave encontrados son claves en la cadena de suministro actual para cambiar a industria 4.0.”

Los datos recopilados en la investigación arrojaron los siguientes resultados:

Resultados generales											
SUJETO /ITEM	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5
14	4	5	5	5	5	5	4	5	3	4	5
10	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4
20	5	5	5	5	5	4	4	3	4	4	5
8	5	4	5	5	4	4	4	5	5	3	4
9	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	4
5	4	5	5	2	5	5	4	4	5	4	4
18	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4
3	4	4	4	4	4	3	5	5	5	4	4
7	5	5	5	5	5	4	4	3	3	3	4
17	4	5	3	5	5	4	4	4	5	2	4
19	4	4	5	4	4	4	4	5	4	4	3
13	4	5	4	4	5	3	4	4	4	3	4
2	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4
6	5	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4
16	4	5	5	5	5	1	2	5	4	4	2
12	4	4	4	4	4	3	4	3	3	3	4
11	5	4	3	3	4	3	4	3	3	3	4
1	2	2	4	2	2	3	4	4	4	3	4
15	2	4	5	3	4	2	4	2	2	2	3
<b>MEDIA</b>	<b>4.1</b>	<b>4.4</b>	<b>4.45</b>	<b>4.1</b>	<b>4.35</b>	<b>3.6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3.6</b>	<b>3.95</b>

Tabla 9 Resultados generales de media de las preguntas. Elaboración propia.

Como se puede ver la mayoría de los elementos evaluados tienen una calificación mayor a 3, lo cual nos indica que en las preguntas están fuertemente de acuerdo con que los factores son clave en la cadena de suministro.

En la tabla 10 se hizo una prueba de discriminación para hallar los factores que se pueden descartar según la encuesta por ser los menos contemplados como factor clave para cambiar de una cadena de suministro actual a una cadena de suministro 4.0, ver la tabla siguiente:

SUJETO/ITEM	INTEGRACION INTERNA EXT FACTOR	INFORMACIÓN DE SISTEMAS FACTOR	PLANEACIÓN DEL RECURSO FACTOR	LOGISTICA FACTOR	MANEJO DE SISTEMAS DE INVENTARIO FACTOR	INTEGRACION INTERNA EXT FACTOR PRIMER LUGAR	INFORMACIÓN DE SISTEMAS PRIMER LUGAR	PLANEACIÓN DEL RECURSO PRIMER LUGAR	LOGISTICA PRIMER LUGAR	MANEJO DE SISTEMAS DE INVENTARIO PRIMER LUGAR	ORDEN DE LOS FACTORES PROPUESTO	TOTAL
4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	53
14	4	5	5	5	5	5	4	5	3	4	5	50
10	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	49
20	5	5	5	5	5	4	4	3	4	4	5	49
8	5	4	5	5	4	4	4	5	5	3	4	48
9	4	5	5	4	4	4	5	4	4	5	4	48
5	4	5	5	2	5	5	4	4	5	4	4	47
18	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	47
3	4	4	4	4	4	3	5	5	5	4	4	46
7	5	5	5	5	5	4	4	3	3	3	4	46
17	4	5	3	5	5	4	4	4	5	2	4	45
19	4	4	5	4	4	4	4	5	4	4	3	45
13	4	5	4	4	5	3	4	4	4	3	4	44
2	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	43
6	5	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	43
16	4	5	5	5	5	1	2	5	4	4	2	42
12	4	4	4	4	4	3	4	3	3	3	4	40
11	5	4	3	3	4	3	4	3	3	3	4	39
1	2	2	4	2	2	3	4	4	4	3	4	34
15	2	4	5	3	4	2	4	2	2	2	3	33
PROM SUP	4.6	4.8	5	5	4.8	4.4	4.2	4.4	4.2	3.8	4.6	
PROM INF	3.4	3.8	4.2	3.4	3.8	2.4	3.6	3.4	3.2	3	3.4	
DISCRIMINACIÓN	1.2	1	0.8	1.6	1	2	0.6	1	1	0.8	1.2	
COEFICIENTE DE CORRELACIÓN	0.67	0.67	0.38	0.63	0.63	0.67	0.32	0.54	0.54	0.56	0.52	

Tabla 10 Factores descartables con coeficiente de correlación. Elaboración propia.

En la tabla 10 podemos observar que la planeación del recurso es un buen factor, pero se podría descartar ya que no tiene una correlación alta y manejo de inventarios pudiera ser opción, es difícil descartar alguno cuando se consideran como puntos clave para cambiar de lo actual a evolucionar en una cadena de suministro 4.0.

## Capítulo 4. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos, los factores más altos fueron “Planeación del recurso”, “Sistemas de información” y como un tercer punto “Sistemas de integración”. Estos factores de acuerdo con el orden propuesto serían los primeros en desarrollarse para cumplir con los objetivos de empezar a ser industria 4.0.

Al solicitar las encuestas, algunos se interesaron más en el tema e hicieron sugerencias de mejoras en el cual dentro de sus puntos de vista estaba la implementación efectiva de un buen sistema ERP, sistemas de producción eficientes, comunicación efectiva y una inversión alta en tecnología. Industria 4.0 va más allá de la implementación de tecnología, es todo un cambio humano, material y tecnológico, para crear el ambiente totalmente holístico.

Un punto muy importante en la conexión de todo para el uso de la información en tiempo real es la preocupación por la seguridad de la información y cómo afectaría las redes de comunicación existente con la saturación de datos que se tendría con la conexión de todos los equipos, se ha planeado en la instalación de dispositivos cortafuegos de seguridad para poder sectorizar las redes y solo generar rutas de comunicación hacia ciertas direcciones para no intervenir con el funcionamiento administrativo, sin embargo ya esto sería una línea de investigación más específica de un solo eslabón de la cadena de suministro.

Con la determinación de estos factores, se podría esperar una línea que marcara un cambio importante en la forma de como trazar un camino hacia la implementación de las herramientas de la industria 4.0, pues se hace un análisis de los factores claves ya analizados y puesto en práctica de base para la integración de los sistemas para planear el recurso y así poder llegar a su completa integración dentro de los esquemas esperados por Industria 4.0.

Se empieza a tratar temas como flexibilidad y ubicuidad, la implementación por partes de cada uno de estos factores representa un cambio para las industrias pero también un costo por asesoría para cualquiera que desee incursionar en este tema y asesorar sobre diagnósticos, metodologías e implementaciones en estos factores, sin perder de vista que las industrias se tendrán que considerar lo suficientemente flexibles como para ajustarse rápidamente a las nuevas necesidades y así lograr el progreso de un cambio efectivo.

## Bibliografía

- Alexandre, B., Salguero, J., Peralta Álvarez, M., Aguayo Gonzalez, F., & Ares, E. (2017). Application of industry 4.0 Technologies to the design and manufacturing of handcraft products. *DYNA*, 435-441.
- Annella, S., Ciancimino, E., Framinan, J., & Disney, S. (2010). Los cuatro arquetipos de cadenas de suministro. *Universia business review*, 21-22.
- Aranburu Zavalo, E., Lasa Erle, G., Reguera, D., Kepa Gerrikagoita, J., & Iruretagoiena, G. (2017). Nuevas metodologías centradas en el usuario para la creación de software en la industria 4.0. *DYNA*, 492-492.
- Arango Serna, M. D., Adarme Jaimes, W., & Zapata Cortes, J. A. (septiembre de 2013). Inventarios colaborativos en la optimización de la cadena de suministros. *DYNA*, 80(181), 71-80. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/37629/45316>
- Ashton, K. (Junio de 22 de 2009). *RFID Journal*. Obtenido de RFID Journal: <http://www.rfidjournal.com/articles/pdf?4986>
- Atehortúa Hurtado, F. A., Bustamante Vélez, R. E., & Valencia de los Ríos, J. A. (2008). *Sistema de gestión integral: una sola gestión, un solo equipo*. Colombia: Universidad de Antioquia.
- Ávila Mejía, Ó. (2011). Computación en la nube. *Contactos, UAM-I*, 8.
- Azcurra, D., Rojo, S., & Rodríguez, D. (2012). Arquitecturas de control para robots autónomos móviles didácticos basadas en sistemas embebidos. *XIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 669-672.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Elsevier B. V.*, 1245-1252.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *Elsevier*, 45-52.
- Binks, D. (2017). ¿Por qué la integración de la cadena de suministro es crucial en la era de la Industria 4.0? *Manutención y almacenaje: logística, distribución, transporte*(522 (mayo)), 76-77.

- Blanco Díaz , R., Fontodróna Francolí, J., & Poveda Martínez, C. (2017). La industria 4.0: El estado de la cuestión. *Dialnet*(406), 151-164.
- Blanco Rojas, M. J., González Rojas, K. T., & Rodríguez Molano, J. I. (23 de Septiembre de 2017). Propuesta de una arquitectura de la industria 4.0 en la cadena de suministro desde la perspectiva de la ingeniería industrial. *Ingeniería solidaria*, 13(23), 77-90. doi:<https://doi.org/10.16925/in.v23i13.2007>
- Blanco Rojas, M., González Rojas, K. T., & Rodríguez Molano, J. I. (sept. de 2017). Propuesta de una arquitectura de la industria 4.0 en la cadena de suministro desde la perspectiva de la ingeniería industrial. *Ingeniería solidaria*, 13(23), 77-90. doi:<https://doi.org/10.169225/in.v23i13.2007>
- Bowersox, D. (2007). *Administración y logística de la cadena de suministros*. México: McGraw Hill.
- Canella , S., Clancimino, E., Framinan, J., & Disney, S. (2010). Los cuatro arquetipos de cadenas de suministro. *Universia Business Review*(26), 134-149.
- Ceballos, V. E. (abril de 2016). Industria 4.0, la gran oportunidad. *Economía Aragonesa*(59), 109. Obtenido de <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>
- Chakrabarti, R. (2017). La transformación digital. *Dialnet*, 296-307.
- Chandrasekaran, K. (2015). *Essentials of Cloud Computing*. Boca Raton: CRC Press.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro: Estrategia, planeación y operación*. Pearson.
- Chopra, S., & Meindl, P. (2013). *Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación*. España: Pearson.
- Corrales Prieto, R. A., & García Alcaraz, J. (2012). Factores que impactan la competencia de la cadena de suministro: revisión de literartira. *Academia Journals Cd. Juárez*, 193-198.
- Coyle, J. J., Langley, J. C., Novack, R. A., & Gibson, B. J. (2013). *Administración de la cadena de suministro: una perspectiva logística*. México, D.F.: Cengage Learning.

- Damien, J. P., Amrik, S. S., & Shams-Ur, R. (2001). Critical success factors in agile supply chain management - An empirical study. *MCB UP Ltd*, 247-265.
- Díez de los Ríos, J. F. (2014). *optimización de la cadena logística*. Madrid: CEP.
- E. Slone, R., Dittman, J. P., & Mentzer, J. T. (2011). *Transformando la cadena de suministro*. Barcelona: Profit.
- Faller, C., & Feldmuller, D. (2015). Industry 4.0 Learning Factory for regional SMEs. *Elsevier*, 88-91.
- Fontrodona Francolí, J., & Blanco Díaz, R. (2014). Estado actual y perspectivas de la impresión en 3D. *Generalitat de Catalunya*, 15.
- Ganeshan, R., & Harrison, T. P. (May de 2010). *An introduction to supply chain management*. Obtenido de Department of management science and information systems: <http://silmaril.smeal.psu.edu/misc/supplychainintro.html>
- García-Alsina, M. (2017). *Big data. Gestion y Explotación de grandes volúmenes de datos*. UOC, S.L.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Bangkok, Nonthanburi, Thailand: Apress.
- González, H. (2012). *Computational tools for cyber-physical systems*. California.
- H. Ballou, R. (2004). *Logística: administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
- H. Chavez, J., & Torres-Rabello, R. (2012). *Supply chain management*. Santiago de Chile: RiL editores.
- Hernández García, S., & Jiménez Sánchez, J. E. (2002). *Publicación técnica*. IMT (225).
- Hernández Quintero, N. L., & Florez Fuente, A. S. (2014). Computación en la Nube. *Revista Mundo FESC, Fundacion de Estudios Superiores*(8), 46-51.
- Höller, J., Tsiatsis, V., Mulligan, C., Karnouskos, S., Avesand, S., & Boyle, D. (2014). *From Machine-to-Machine to the Internet of Things, Introduction to a New Age of Intelligence*. Kidlington, Oxford, Inglaterra: elsevier.
- Joyanes Aguilar, L. (2012). *Computacion en la nube*. México: Alfaomega.
- Joyanes Aguilar, L. (2013). *Big Data: Análisis de Grandez Volúmenes de Datos en Organizaciones*. México: Alfaomega.

- Joyanes Aguilar, L. (2017). Ciberseguridad: la cooperación público privada. *Dialnet*(185), 19-64. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6115620>
- Kamp, B. (2016). La servitización como estrategia para la evolución competitiva de la industria. *Orkestra*, 76-84.
- Kawecki, A. (2018). Preparing the logistics and distribution workforce for Industry 4.0 and the connected supply network. *Deloitte Insights*, 52-62.
- L., B., A., A., & T., P. (2017). Industry 4.0 implications in logistics: an overview. *ELSEIVER*, 1245-1252.
- Lee, J., Hung-An, K., & Shanhu, Y. (2014). Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment. *ELSEIVER*, 3-8.
- Li, J., & Lu, C. (2012). Research on applying the internet of things for logistics business process reengineering. 173-178. doi:<http://doi.org/10.1109/ICCTD.2009.68>
- Lombardero, L. (2011). *Trabajar en la era digital*. España: LID Editorial empresarial.
- Mababu Mukiur, R. (2017). La transformación digital. *Revista internacional y comparada de relaciones laborales y derecho de empleo*, 44-45.
- Marín Marín , W., & Gutiérrez Gutiérrez, E. (2013). Desarrollo e omplementación de un modelo de teoría de restricciones para sincronizar las operaciones en la cadena de suministro. *EIA*, 32-33.
- Meniw, C. (2013). Industria 4.0 . *Integración y comercio*, 308-309.
- Mike 2.0. (s.f.). *Mike2.0 The open source standard for Information Management*. Obtenido de Mike2.0 The open source standard for Information Management: [http://mike2.openmethodology.org/wiki/Big\\_Data\\_Definition](http://mike2.openmethodology.org/wiki/Big_Data_Definition)
- Mora García, L. (2008). *Gestión logística integral: Las mejores prácticas en la cadena de suministro*. España: Ecoe Ediciones.
- Núñez Zorrilla, C. (2017). *Industria 4.0: Digitalización*. Alella, Barcelona: Independently published.
- Ollero Baturone, A. (2001). *Robótica: Manipuladores y robots móviles*. Barcelona, España: Marcombo, S.A.

- Pérez Lara, M., Saucedo Martínez, J., Salais Fierro, T., & Marmolejo Saucedo, J. A. (2016). Caracterización de modelo de negocio en el marco industria 4.0. *CiLOG2016*, 50-62. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Magdiel\\_Lara2/publication/320336233\\_Caracterizacion\\_de\\_modelo\\_de\\_negocio\\_en\\_el\\_marco\\_de\\_industria\\_40/links/59de8c68a6fdcca0d3204d75/Caracterizacion-de-modelo-de-negocio-en-el-marco-de-industria-40.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Magdiel_Lara2/publication/320336233_Caracterizacion_de_modelo_de_negocio_en_el_marco_de_industria_40/links/59de8c68a6fdcca0d3204d75/Caracterizacion-de-modelo-de-negocio-en-el-marco-de-industria-40.pdf)
- Pérez-Lara, M., Marmolejo, J. A., Saucedo, J., & Salas, T. (2017). Caracterización de un modelo de negocio en el marco de industria 4.0. *Asociación Mexicana de Logística y Cadena de Suministro*, 66-77.
- Pires Silvio, I. (2007). *Gestión de la cadena de suministros*. España: McGraw-Hill.
- Poirier, C. (2004). *Using models to improve the supply chain*. Boca Raton, Florida: St. Lucie Press.
- Ramírez López-Para, P., & López Soto, J. (2011). Tecnologías aditivas, un concepto mas amplio que el de prototipado rápido. *Asociación Española de Dirección de Ingeniería de Proyectos*, 14.
- Reyes Cortés, F. (2011). *Robótica. Control de robots manipuladores*. México, México: Alfaomega.
- Ross, D. (1996). *Managing in a new era*. California: APICS: The performance advantage. Obtenido de APICS: American production and inventory control society.
- Salguero, J., Peralta Álvarez, F., & Aguayo González, E. (2017). Aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 al diseño y fabricación de productos. *DYNA*, 61-62.
- Schraut, S., & Bertram, O. (Septiembre de 2016). Industry 4.0: How digitization makes the supply chain more efficient, agile, and customer-focused. *PwC Strategy & Germany*, 23-31.
- Soltany, Z., Rostamzadeh, R., & Skrickij, V. (2018). A model to evaluate supply chain technology implementation influence on organizational performance. *Transport*, 33, 779-792. doi:<https://doi.org/10.3846/transport.2018.5468>
- Sossa Azuela, J. (2012). *Vision artificial*. Ra-ma.

- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. *ELSEIVER*, 536-541.
- Torres Mendoza, M., & Hernández García , M. (2015). *Diseño y operación de sistemas de almacenamiento y manejo de materiales* (Vol. 1). Ciudad de México: Facultad de ingeniería.

# Anexos

## 1. Formulario de encuesta para validar factores en la cadena de suministro.



**TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO**

SEP  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



### **DETECTION OF KEYS FACTORS IN THE PRESENT SUPPLY CHAIN TO BEGIN BE INDUSTRY 4.0**

This survey is aimed at people who know about the industry, work in activities relationship with supply chain and know about the automation of the process. The next change is migrate to all the industry connected, the last concept for this is industry 4.0. Help me to validate the factors that I proposed key in my thesis according your knowledge and experience.

I'll ask you about your work, your experience, knowledge of industry 4.0, your opinion about key factors in the supply chain and finally, about you. Are you ready?

1. Which industry does your work belong to?
2. What is your position at work?
3. What is your knowledge about the new improvements under the concept digitally connected industry or industry 4.0?
4. Do you think that the Industry 4.0 is only the process automation of any industry?
5. With the concept "Industry 4.0 or intelligent manufacturing, integrates production and physical operations with intelligent digital technology, automated learning and big data to create a more holistic and better connected ecosystem for companies that focus on manufacturing and supply chain management" your position is?

In the next part indicate your position about the statements made.

6. Internal and external integration systems are a key factor in the supply chain to migrate to industry 4.0.



**TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO**

SEP  
SECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA



7. Information systems are a key factor in the supply chain to migrate to industry 4.0.
8. Resource planning is a key factor in the supply chain to migrate to industry 4.0.
9. Logistics is a key factor in the supply chain to migrate to industry 4.0.
10. The management of inventory systems is a key factor in the supply chain to migrate to industry 4.0.
11. The first factor in the supply chain to migrate to industry 4.0 is internal and external integration systems.
12. The first factor in the supply chain to migrate to industry 4.0 is information systems.
13. The first factor in the supply chain to migrate to industry 4.0 is resource planning.
14. The first factor in the supply chain to migrate to industry 4.0 is logistics.
15. The first factor in the supply chain to migrate to industry 4.0 is the management of inventory systems.
16. The order of the factors to migrate to a connected supply chain is internal and external integration systems, information systems, resource planning, logistics, inventory systems management.
17. For you, which factors are key in the present supply chain to migrate to supply chain 4.0?

We're almost done. Just some final questions about you.

Let's start with your name and last name...

What country do you live in?

Your email address

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeu8wM1PXajWZSi8HwbpJrFOIA\\_nqYuTAPGRyrCqZR7W3Bw0w/viewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeu8wM1PXajWZSi8HwbpJrFOIA_nqYuTAPGRyrCqZR7W3Bw0w/viewform?usp=sf_link)