



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TEMA:

**“Análisis al paradigma de la Industria 4.0 y propuesta de red
eléctrica inteligente”**

AUTOR:

Murillo Castillo, Xavier Ignacio

**Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de
Ingeniero en Eléctrico-Mecánica**

TUTOR:

Ing. Daniel Enrique Campoverde Cárdenas MBA.

Guayaquil, 23 de agosto del 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Murillo Castillo, Xavier Ignacio** como requerimiento para la obtención del título de **ingeniero Eléctrico-Mecánico**

TUTOR

Ing. Daniel Enrique Campoverde Cárdenas MBA.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Miguel Armando Heras Sánchez MSc.

Guayaquil, 23 de agosto del 2018



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Murillo Castillo, Xavier Ignacio**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **“Análisis al paradigma de la Industria 4.0 y propuesta de red eléctrica inteligente”** previo a la obtención del título de Ingeniero en Eléctrico-Mecánica ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, 23 de agosto del 2018

EL AUTOR

Murillo Castillo, Xavier Ignacio



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Murillo Castillo, Xavier Ignacio**

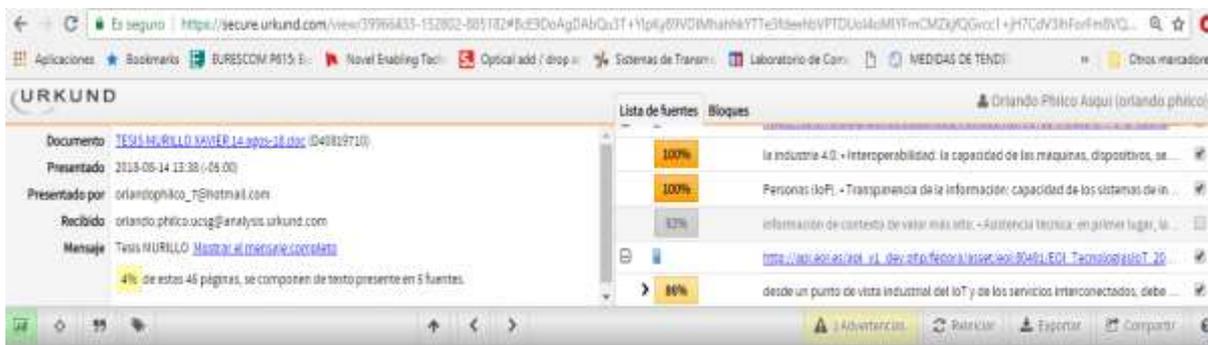
Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, “**Análisis al paradigma de la Industria 4.0 y propuesta de red eléctrica inteligente**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 23 de agosto del 2018

EL AUTOR:

Murillo Castillo, Xavier Ignacio

Reporte Urkund



ACUATINO DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TEMA:

Análisis al paradigma de la industria 4.0 y propuesta de red eléctrica inteligente

AUTOR:

Murillo Castillo, Xavier Ignacio

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

Ingeniero en Eléctrico-Mecánica

Titulo:

Reporte Urkund a Trabajo de Titulación en Ingeniería Eléctrico-Mecánica, denominado **Análisis al paradigma de la Industria 4.0 y propuesta de red eléctrica inteligente** del estudiante Murillo Castillo, Xavier Ignacio, tiene 4% de coincidencias.

Atentamente

Ing. Daniel Enrique Campoverde Cárdenas MBA.
DOCENTE - TUTOR



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN
GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

**Ing. Miguel Armando Heras Sánchez MSc.
Director de Carrera**

**Ing. Daniel Enrique Campoverde Cárdenas MBA.
Dir. Coordinador del Área o Docente de la Carrera**

**Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, MSc.
Oponente**

Dedicatoria

El presente trabajo de titulación lo dedico especialmente a Dios, por ser el instigador e inspirador y por darme la fortaleza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis queridos padres Xavier Murillo Córdoba y Bertha Castillo León, por su amor incondicional y ayuda en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hijo, son los mejores padres.

A mi amada esposa Gardenia Alarcón de Murillo; por estar siempre presente, demostrándome su amor incondicional, apoyo y comprensión para concretar con éxito mi tan anhelada meta, de convertirme en un profesional.

A mis hijas Dayanara Dominique Murillo Cantos y Nicolle Ariana Murillo Alarcón, por ser mi inspiración de siempre para no rendirme nunca ante las adversidades y así culminar la Carrera.

A todas las personas que me han apoyado y han hecho que este trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

El autor

Índice General

Dedicatoria.....	6
Índice General.....	VII
Índice de figuras.....	X
Índice de tablas.....	XII
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT.....	XIV
Capítulo I: Generalidades de la Investigación.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos específicos.....	3
1.5 Metodologías de investigación.....	3
Capítulo II: Evolución a la Industria 4.0.....	5
2.1 La revolución industrial.....	5
2.2 Principios de la Industria 4.0.....	10
2.2.1 Características de la Industria 4.0.....	11
2.3 Industria Inteligente.....	12
2.3.1 El Internet de las Cosas (IoT).....	13
2.3.1.1 Tipos de aplicaciones.....	16
2.3.1.2 Fabricación inteligente.....	21
2.3.1.3 Sistemas ciberfísicos.....	22
2.3.1.4 Cloud Computing o Computación en la Nube.....	25
2.4 Convergencia de tecnologías para la Industria 4.0.....	26

2.5 Retos de la industria conectada 4.0	29
2.6 Internet de las Cosas Industrial	30
2.6.1 Big Data, Data Mining y Data Analytics	31
2.6.2 Inteligencia artificial.....	32
2.6.2.1 Proceso de inteligencia artificial	33
2.6.3 Robots colaborativos o Cobots	34
2.6.4 Realidad Aumentada (RA)	37
2.6.5 Computación en la nube	37
2.6.5.1 Caso: Optimización de costos en fábrica	38
2.6.5.2 Protección de datos en IIoT	39
Capítulo III:.....	41
Redes eléctricas Inteligentes e Internet de las cosas.....	41
3.1 Red eléctrica convencional.....	41
3.2 Red eléctrica inteligente	41
3.2.1 Protocolos de comunicaciones	45
3.3 Principales aplicaciones de Smart Grid	47
3.3.1 Generación distribuida (DG)	50
3.3.1.1 Generación Distribuida y Microrredes	51
3.3.1.2 Sistemas de almacenamiento de energía (ESS).....	53
3.3.2 Gestión de la demanda (DSM).	54
3.4 Funciones de Smart Grid.....	56
3.5 Implementación de Smart Grids en Ecuador.....	58
3.5.1 Marco y plan de trabajo para la implementación de la smart grid 59	
3.5.1.1 Áreas prioritarias	60
3.5.1.2 Modelo de información común (CIM)	60
3.6 Contador Inteligente o Smart Meter	62

3.6.1 Norma ANSI C12.19	66
3.6.1.1 Modelos de medidores en Ecuador.....	66
3.6.1.2 Información estándar sobre el uso de energía	67
Capítulo IV:	68
Análisis al futuro de la Industria 4.0.....	68
4.1 Análisis de tecnologías para Industria 4.0.....	68
4.2 Análisis de metodología para Industria 4.0.....	72
4.2.1 Pilares de la Organización 4.0	73
4.3 Análisis de Smart Grid.....	76
4.3.1 Barreras para su implementación	78
Conclusiones.....	80
Recomendaciones.....	82
Referencias Bibliográficas	84

Índice de figuras

Capítulo 2.

Figura 2. 1 Aspectos de Revolución Industrial	6
Figura 2. 2. Trabajo de Metalurgia	7
Figura 2. 3 Elaboración de un vehículo en un proceso en cadena	7
Figura 2. 4 Representación de la 3° Revolución	8
Figura 2. 5 Representación de las “Ciber-Industrias”	8
Figura 2. 6 Gráfica de componentes de cada etapa	9
Figura 2. 7 Representación de análisis de datos en la industria.....	14
Figura 2. 8 Aplicaciones de IoT.....	14
Figura 2. 9 Dispositivos típicos para IoT	15
Figura 2. 10 Dispositivos y tecnologías M2M (domótica).....	16
Figura 2. 11 Dominios de la plataforma M2M	17
Figura 2. 12 Infraestructura M2B de red eléctrica inteligente ‘Smart Grid’ ...	18
Figura 2. 13 Esquema de aplicaciones para ciudades inteligentes.....	19
Figura 2. 14 Sensores para la industria	20
Figura 2. 15 Aspectos para fábrica inteligente	21
Figura 2. 16 Representación de realidad aumentada en la industria	22
Figura 2. 17 Esquema de sistema ciberfísico	23
Figura 2. 18 Robots para Industria 4.0.....	24
Figura 2. 19 Integración de procesos productivos con la nube.....	25
Figura 2. 20. Tecnologías para la Industria 4.0.....	26
Figura 2. 21 Arquitectura de Big Data, Data Mining y Data Analytics	31
Figura 2. 22 Robots con inteligencia artificial.....	33
Figura 2. 23 Proceso básico de IA de Azure Maching Learning	34

Figura 2. 24 Robot con inteligencia artificial	35
Figura 2. 25 Cobots trabajando con humanos	36
Figura 2. 26 Realidad Aumentada en industria.....	37
Figura 2. 27 Algunos escenarios del cloud o computación en la nube	38
Capítulo 3.	
Figura 3. 1 Redes eléctricas convencionales.....	41
Figura 3. 2 Red eléctrica tradicional hacia red inteligente.....	42
Figura 3. 3 Representación de una Smart Grid	44
Figura 3. 4 Modelo conceptual y solución CIM	45
Figura 3. 5 Visión sistémica de Smart Grid.....	47
Figura 3. 6 Sistema de Medición avanzada	48
Figura 3. 7 Esquema de Automatización avanzada de red de distribución..	48
Figura 3. 8 Generación distribuida	49
Figura 3. 9 Vehículo eléctrico y sistemas de carga eléctrica	49
Figura 3. 10 Ejemplo de micro red en sistema de Generación Distribuida ..	52
Figura 3. 11. Esquema de Gestión de demanda eléctrica	55
Figura 3. 12 Esquema de componentes de la red inteligente	58
Figura 3. 13 Representación de CIM para Ecuador.....	61
Figura 3. 14 Arquitectura AMI	62
Figura 3. 15 Medidor inteligente IS 16444	63
Figura 3. 16 Estructura general de Medición Avanzada de la red eléctrica .	64
Figura 3. 17 Arquitectura y estándares para comunicación avanzada.....	64
Capítulo 4.	
Figura 4. 1 Esquema Resumido de Industria 4.0	69
Figura 4. 2 Metodología para la Industria 4.0	72
Figura 4. 3 Pilares de la organización 4.0	73

Índice de tablas

Capítulo 2.

Tabla 3. 1 Diferencia entre red eléctrica convencional y una red inteligente 43

Tabla 3. 2 Empresas eléctricas con medidores inteligentes en Ecuador hasta 2014 65

Capítulo 4.

Tabla 4. 1 Análisis de áreas de organización 4.0..... 73

Tabla 4. 2 Resumen Industria 4.0 según dispositivos y aplicaciones 74

Tabla 4. 3 Soporte y arquitectura tecnológica de la Industria 4.0 75

RESUMEN

La Industria 4.0 es un paradigma que abarca varias tecnologías y plataformas de comunicación digital, de esta manera el objetivo principal del presente trabajo de titulación abarca el estudio de dicho paradigma para contribuir con criterios reflexivos desde el punto de vista normativo y la convergencia de plataformas tecnológicas. No obstante, las metodologías escogidas para este trabajo de investigación corresponden al método:

Descriptivo; consiste en describir y evaluar las características de un fenómeno determinado para después, analizar los datos recogidos para descubrir el objeto de estudio. Es decir, estudiar y analizar minuciosamente el paradigma de la Industria 4.0, la automatización de procesos industriales, la fabricación conectada al Internet de las cosas (IoT) y las redes eléctricas inteligentes (Smart Grid). De este último aspecto se deberá caracterizar el desempeño y la arquitectura.

Analítico-Sintético, basado en la combinación de dos maneras de investigar y que son usadas para desarrollar un determinado trabajo de investigación para lograr los objetivos planteados. Es decir, aplicada a valorar componentes y plataformas tecnológicas del contexto de la Industria 4.0. Pues, específicamente el método analítico analiza el objeto de estudio para determinar cómo el paradigma de la Industria 4.0 se manifiesta en el contexto actual. En cambio, el método sintético, se basa en la síntesis del fenómeno a estudiar, es decir, recopilar información aplicada a artículos científicos en bases de datos; para la misma, se revisa estudios de investigadores y expertos en el paradigma Industria 4.0 para finalmente resumir los datos mencionados.

PALABRAS CLAVES: IOT, M2M, SMART GRID, AUTOMATIZACIÓN, SENSORES, ROBÓTICA

ABSTRACT

Industry 4.0 is a paradigm that encompasses several technologies and platforms for digital communication, so the main objective of the present work covers the study of this paradigm to contribute with reflective criteria from the regulatory point of view and the convergence of technological platforms. However, the methodologies chosen for this research work correspond to the method:

Descriptive; it consists of describing and evaluating the characteristics of a given phenomenon and then analyzing the collected data to discover the object of study. That is to say, to study and analyze thoroughly the paradigm of the industry 4.0, the automation of industrial processes, the manufacture connected to the Internet of things (IoT) and smart electric networks (Smart Grid). From this last aspect, performance and architecture should be characterized.

Analytical-Synthetic, based on the combination of two ways of research and that are used to develop a specific research work to achieve the objectives. That is, applied to assess components and technological platforms of the context of Industry 4.0. Well, specifically the analytical method analyzes the object of study to determine how the paradigm of industry 4.0 manifests itself in the current context. On the other hand, the synthetic method is based on the synthesis of the phenomenon to be studied, that is, to collect information applied to scientific articles in databases; for it, we review studies of researchers and experts in the industry 4.0 paradigm to finally summarize the aforementioned data.

KEYWORDS: IOT, M2M, SMART GRID, AUTOMATION, SENSORS, ROBOTICS

Capítulo I: Generalidades de la Investigación

1.1 Introducción

El presente trabajo de titulación pretende aportar con un análisis al paradigma de la Industria 4.0, el empleo o integración de varias tecnologías que parten de generación de energía con eficiencia hacia mecanismos e interfaces electrónicos junto con la conectividad al internet permite que la Industria 4.0 beneficie a fabricantes en la forma de optimizar y acortar su cadena de suministro, por ejemplo, a través de fábricas flexibles. Una fabricación más digitalizada es un aspecto que enmarca la innovación.

Para naciones desarrolladas, la Industria 4.0, es un término acuñado inicialmente en Alemania, para alcanzar la competitividad de fabricación entre otras cosas. Esto es particularmente relevante en el caso de Europa Occidental, que, a diferencia de EE.-UU., Actualmente no disfruta de una reducción de los costos de energía.

En cuanto a los mercados emergentes, la Industria 4.0 podría proporcionar la ruta necesaria para avanzar en la cadena de valor, algo que se ha vuelto cada vez más importante de lograr frente a los crecientes costos laborales. Por ejemplo, el nuevo plan decenal de China, llamado "Made in China 2025", apunta a sectores clave como la robótica, la tecnología de la información y la energía, con la esperanza de convertir al país de un "gigante manufacturero" en una "potencia manufacturera mundial"; para lograrlo, China aumentará las inversiones en I + D (Investigación más Desarrollo) al 1,7% de los ingresos de fabricación para el año 2025. (BBC Mundo, 2015).

El desarrollar la Industria 4.0 abriría nuevas oportunidades que ofrecen tecnologías especializadas tales como sensores, robótica, impresión 3D o comunicaciones máquina a máquina (M2M), redes eléctricas inteligentes (Smart Grid) entre otras tecnologías.

1.2 Planteamiento del problema

En la sociedad actual se percibe que hay poco conocimiento y claridad de la tendencia actual de automatización e intercambio de datos en las tecnologías de fabricación; como así también desconocimientos en aspectos relacionados de plataformas tecnológicas que se integran en una fábrica inteligente o sistema inteligente. Por dicha razón, se ha planteado estudiar las tecnologías y plataformas de comunicación digital industrial que conlleva a la Industria 4.0; describir el desempeño de redes eléctricas inteligentes y su integración en la fábrica inteligente y finalmente, lograr la integración de plataformas tecnológicas de redes eléctricas inteligentes para el Ecuador.

1.3 Justificación

El crecimiento de la industria es, sin lugar a duda, uno de los pilares fundamentales del desarrollo nacional. La Industria 4.0 es la tendencia actual de automatización e intercambio de datos en las tecnologías de fabricación, tiene su enfoque básico en el proceso de producción dentro de una "fábrica inteligente", a través del Internet de las Cosas (IoT) y la utilización de dispositivos y productos digitalizados y conectados. El término "Industria 4.0" muestra la relación de las diferentes tecnologías y los procesos generales de transformación digital, los cambios de la cadena de valor resultantes y los efectos relacionados con las pequeñas y medianas empresas (PYME).

La innovación implica tecnología, en la que están inmersos los ingenieros, ésta no existe sin talento especializado; el Internet Industrial requiere nuevas fuentes de talento, además de habilidades técnicas necesarias en ingeniería mecánica o eléctrica, existe necesidad de funciones técnicas, analíticas y de liderazgo que son interdisciplinarias (González & Del Bosque, 2015).

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Estudiar el paradigma de la Industria 4.0 y la integración de plataformas tecnológicas para propuesta de redes eléctricas inteligentes para el Ecuador.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Estudiar las tecnologías y plataformas de comunicación digital industrial que conlleva a la Industria 4.0.
2. Caracterizar el desempeño de redes eléctricas inteligentes y su integración en la fábrica inteligente.
3. Analizar propuesta de red eléctrica inteligente como antesala de Industria 4.0

1.5 Metodologías de investigación

Para el presente trabajo de titulación se ha escogido las siguientes metodologías de investigación:

- **Descriptiva;** este corresponde al método cualitativo, el cual consiste en describir y evaluar ciertas características de un contexto determinado para posteriormente, analizar los datos recogidos para descubrir el objeto de estudio. (Hernández Sampieri, Fernández, & et al, 2010). Es decir, estudiar y analizar exhaustivamente el paradigma de la Industria 4.0, como son la eficiencia energética, la automatización de procesos industriales, la fabricación conectada al Internet de las cosas (IoT) y las redes eléctricas inteligentes (Smart Grid).
- **Analítico-Sintético,** está basada en la combinación de dos maneras de investigar (método dualista) y que son utilizadas para desarrollar un determinado trabajo de investigación para lograr los objetivos planteados o para conocer la realidad del fenómeno estudiado. De manera específica, el **método analítico** analiza minuciosamente un fenómeno

y/o el objeto de estudio para determinar cómo el paradigma de la Industria 4.0 se manifiesta en el contexto actual. Por tanto, el **método sintético**, se basa en la síntesis del fenómeno a estudiar, es decir, recopilar información aplicada a artículos científicos en bases de datos, para la misma, se revisa estudios de investigadores y expertos en el paradigma Industria 4.0 para finalmente sintetizar los datos mencionados.

Capítulo II: Evolución a la Industria 4.0

2.1 La revolución industrial

A lo largo de su historia el ser humano siempre ha buscado mejorar su estilo de vida, y por consecuencia, mejorar los bienes materiales que lo rodean. Esto lo ha llevado a través de varias revoluciones industriales, desde la creación de la primera máquina mecánica, pasando por la creación de líneas completas de producción hasta la automatización de las mismas, en donde se ha buscado reducir la intervención del ser humano en el proceso para obtener mayor precisión, repetitividad y la posibilidad de aumentar los volúmenes producidos en el menor tiempo posible (Quiminet, 2016).

La Revolución Industrial consistió en un conjunto de profundas transformaciones que supusieron el paso de una economía agraria y rural a otra industrializada y urbana. Estas transformaciones fueron posibles gracias a la aplicación de nuevas máquinas y métodos de trabajo. (Blog Revolución Industrial, 2007).

Analizando los hechos históricos desde el Siglo XVIII hasta la actualidad, se puede notar que el sector industrial ha sufrido muchos cambios a través del tiempo. Hoy en día está pasando por una nueva revolución que es la Industria 4.0.

Básicamente se trata de la implementación a nivel general dentro del sector industrial la nueva tecnología llamada "Internet de las Cosas (IoT)", la cual está generando una transformación digital en los procesos. El IoT permite que los objetos de nuestro entorno se conviertan en participantes activos, es

decir, compartan información con otros miembros de la red y sean capaces de reconocer eventos y cambios de su entorno y de actuar y reaccionar de forma autónoma adecuadamente; en este contexto, los retos de investigación y desarrollo son enormes para crear un mundo donde lo real, digital y lo virtual están convergiendo para crear entornos inteligentes en el transporte, las ciudades, uso de energía (Vermesan, y otros, 2012).

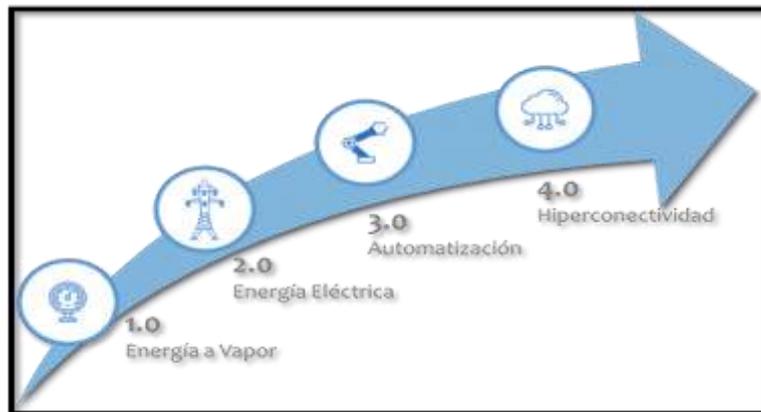


Figura 2. 1 Aspectos de Revolución Industrial

Fuente: (GEINFOR, 2018)

A través de la historia se ha podido observar “revoluciones” hasta el día de hoy. Dichas “revoluciones” han generado cambios industriales, tecnológicos, sociales y económicos.

- **Primera Revolución:** Ocurrió a la mitad siglo XVIII en el Reino Unido con la aparición de la máquina de vapor. Este hecho impulso a una creciente transformación económica, social y tecnológica, debido a que la incorporación de dichas máquinas en los procesos productivos permitió reducir tiempos y producir en mayor cantidad.

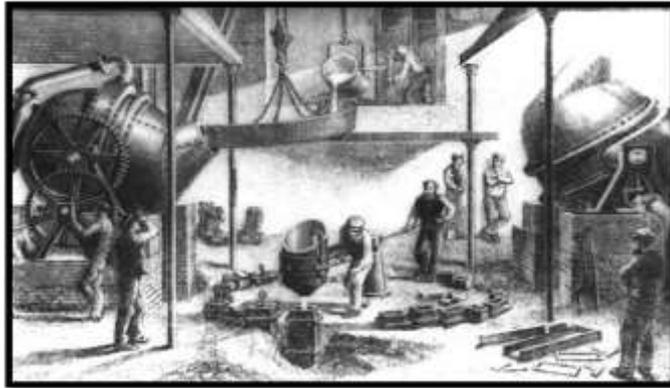


Figura 2. 2. Trabajo de Metalurgia

Fuente: (Portal educativo, 2009)

- **Segunda Revolución:** Aparición de las nuevas fuentes de energía como el gas, petróleo y electricidad, a mitad del siglo XIX. comenzó el diseño de producción en cadena y en masa, la introducción de nuevos materiales como materia prima. Estos avances causaron un gran cambio en el ámbito económico y social, ya que se volvía cada vez más internacionalizada y globalizada.



Figura 2. 3 Elaboración de un vehículo en un proceso en cadena

Fuente: (Portal educativo, 2009)

- **Tercera Revolución:** Se inició en el año 2006 y está centrada en los cambios del uso derivado de las energías (renovables), los procesos

en cadena, la implementación de sistemas automatizados y el uso de nuevas tecnologías para la comunicación. (GEINFOR, 2018).



Figura 2. 4 Representación de la 3° Revolución

Fuente: (Portal educativo, 2009)

- **Cuarta Revolución:** Es la revolución que se enfoca en “*Industria inteligente, Ciber-industria del futuro, internet de las cosas*”, se entiende que trata de implementación de nuevas tecnologías a los procesos industriales, tanto a nivel de maquinaria y producción.



Figura 2. 5 Representación de las "Ciber-Industrias"

Fuente: (Quiminet, 2016)

Anteriormente se puede notar que cada una de las etapas de las revoluciones ha provocado cambios sociales, económicos y principalmente

tecnológicos de manera general. Esto da lugar, a la aparición de nuevos procesos, nuevos productos y nuevos modelos de negocio. Se puede decir que dentro de la Industria 4.0 hay ciertos aspectos que se parecen a las antiguas revoluciones, que son:

- ✚ La evolución de dispositivos físicos a nivel de campo (sensores, actuadores), encargados de captar la información.
- ✚ La evolución de dispositivos a nivel de control (PLC, HMI), encargados de la automatización de procesos electromecánicos. Véase en la figura 2.6 los niveles para la automatización de procesos industriales.

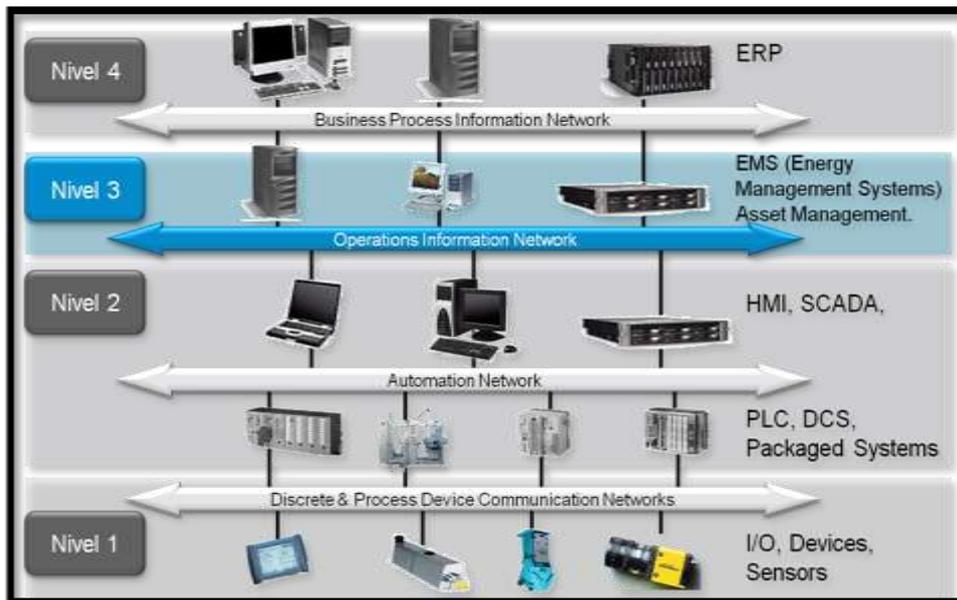


Figura 2. 6 Gráfica de componentes de cada etapa

Fuente: (GEINFOR, 2018)

- ✚ La evolución de los sistemas a nivel de supervisión (SCADA), encargados de corregir los procesos y retroalimentarlos.

- ✚ La evolución de sistemas de tracking y productividad (MES), encargados de monitorizar la transformación de las materias primas en productos terminados para optimizar la producción.
- ✚ La evolución de los sistemas de gestión de procesos de negocio (ERP), encargados de la gestión integral de los procesos de negocio.

2.2 Principios de la Industria 4.0

Para el autor Kevin Magee (2017) de la organización Gigamon líder en estrategias globales de convergencia de seguridad y operaciones de red, concuerda que son cuatro los aspectos tecnológicos directores de la Industria 4.0:

1. Interoperabilidad: La capacidad de las máquinas, dispositivos, sensores y personas para conectarse y comunicarse entre sí a través de IoT o Internet de las Personas (IoP).
2. Transparencia de la información: Capacidad de los sistemas de información para crear una copia virtual del mundo físico mediante el enriquecimiento de modelos de plantas digitales con datos de sensores. Esto requiere la agregación de datos de sensor sin procesar a información de contexto de valor más alto.
3. Asistencia técnica: En primer lugar, la capacidad de los sistemas de asistencia para apoyar a los usuarios mediante la agregación y visualización de información de manera comprensible para tomar decisiones informadas y resolver problemas urgentes con poca

antelación. En segundo lugar, la capacidad de los sistemas físicos cibernéticos de apoyar físicamente a los usuarios llevando a cabo una serie de tareas que son desagradables, demasiado agotadoras o inseguras (asistentes robóticos)

4. Decisiones descentralizadas: La capacidad de los sistemas físicos cibernéticos de tomar decisiones por sí mismos y realizar sus tareas de la manera más autónoma posible. Sólo en el caso de excepciones, interferencias u objetivos conflictivos son tareas delegadas a un nivel superior. (Magee, 2017).

2.2.1 Características de la Industria 4.0

Las principales características son:

- Conexión vertical en forma de red: Permite la interconexión entre máquinas y trabajadores, directivos, desarrolladores, proveedores, clientes y hasta con el propio producto una vez vendido.
- Virtualización: Medición en tiempo real de la planta lo cual es permitido por medio de sensores, esto permite crear modelos de simulación, lo cual ayuda a futuros análisis.
- Descentralización: La toma de decisiones es ejecutada por los Sistemas Ciberfísicos (CPS), lo cual es ayudada por modelos Predictivos y aplicaciones para la Toma de Decisiones.
- Reacción en tiempo real: La captura de la información, su procesado y las decisiones tomadas al respecto se realizan en tiempo real.

- **Orientación al cliente:** La arquitectura de la Industria 4.0 está diseñada para establecer un feedback directo entre el usuario, el producto y el fabricante del mismo.
- **Modularidad:** En un mercado tan cambiante, las fábricas deben adaptarse a dichos cambios que se producen en el mercado de forma rápida y eficiente.
- **Analítica avanzada:** Mejorar y optimizar programas y procesos de producción es una parte vital dentro de cualquier empresa que quiera mantener un nivel alto de productividad y eficiencia. Estos análisis permiten una mayor agilidad en la cadena de producción y evitando de esta forma los cuellos de botella.

2.3 Industria Inteligente

El término de “Industria 4.0” o también conocida como (Industria Inteligente), inicio en Alemania el cual fue utilizado para describir la tendencia de la automatización y el intercambio de datos en las tecnologías de fabricación. Principalmente el objetivo de esta revolución es enfatizar de una forma progresiva y adecuada digitalización toda cadena de proceso productivo y de gestión de relación “Clientes – Proveedores”.

En esta nueva etapa, los sensores, las máquinas, los componentes y los sistemas informáticos están conectados a lo largo de la cadena de valor, más allá de los límites de las empresas. Estos sistemas conectados permiten la interacción entre ellos usando ciertos protocolos de

comunicación estándar y sistemas para analizar los datos recopilados para así poder prever futuros errores.

De este modo se indica que las tecnologías digitales permiten una vinculación del mundo físico (dispositivos, materiales, productos, maquinaria e instalaciones) con el digital (sistemas), lo cual permite que los dispositivos y sistemas colaboren entre ellos, y a su vez con otros sistemas para así crear la "Industria Inteligente 4.0".

Para establecer la automatización y el intercambio de datos entre las tecnologías dentro de la Industria 4.0, se debe cumplir tres elementos principales:

- a) El Internet de las Cosas (IOT)
- b) Sistemas Cibernéticos Físicos
- c) Computación en la nube.

2.3.1 El Internet de las Cosas (IoT)

Los investigadores de mercado de IDC estiman que en 2020 alrededor de 30 mil millones de "cosas" en todo el mundo, como máquinas, automóviles, lavadoras y refrigeradores, se conectarán a través de Internet. Paralelamente a este desarrollo, se está produciendo una auténtica explosión en los volúmenes de datos: el volumen de datos en Internet se duplica cada dos años. (Telekom 2017).



Figura 2. 7 Representación de análisis de datos en la industria

Fuente: (GEINFOR, 2018)

El IoT es la red de objetos inteligentes interconectados que están integrados con sensores, software, conectividad de red y la electrónica necesaria que les permite recopilar e intercambiar datos haciéndolos receptivos. Es decir, permite la integración y el intercambio de datos entre el mundo físico y los sistemas informáticos a través de la infraestructura de red existente.

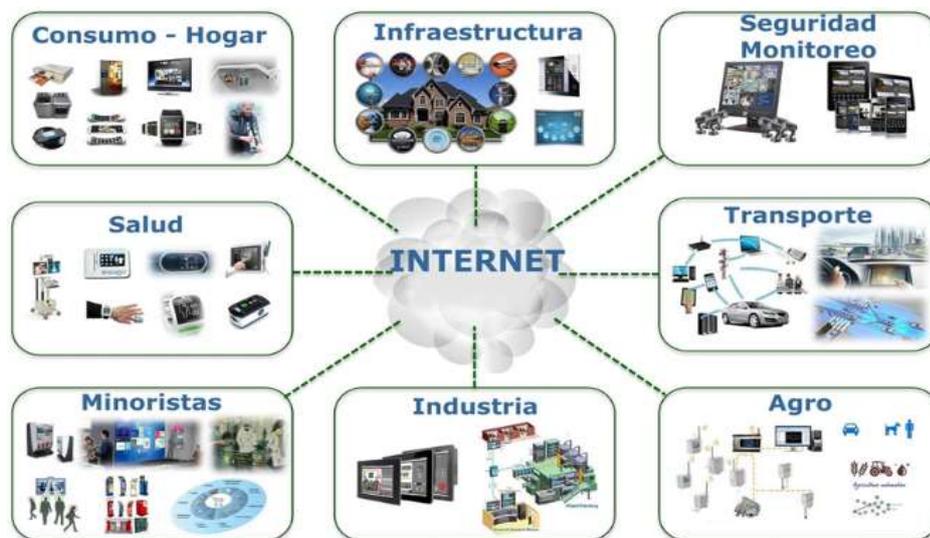


Figura 2. 8 Aplicaciones de IoT

Fuente: (Castro, 2017)

El IoT no se centra en la producción, sino en la fase de utilización de dispositivos y productos digitalizados y conectados, lo que permite a los proveedores comunicarse con sus propios productos mientras los utilizan

los clientes y proporcionar nuevos servicios de atención al cliente "digitales" como mantenimiento predictivo (Vogt, et al., 2016).

El IoT consiente la utilización de redes distribuidas (Mesh Networks) en contraposición a redes centralizadas. Aparte debe asegurar compatibilidad entre distintos dispositivos conectados. Entre sus principales componentes se destaca:

- Hardware: Permite que los objetos físicos sean receptivos y brindarles la capacidad de recuperar datos y responder a las instrucciones
- Software: Accede a la recopilación de datos, el almacenamiento, el procesamiento, la manipulación y la instrucción.
- Infraestructura de comunicación: Consiste en protocolos y tecnologías que permiten a los objetos físicos intercambiar datos.



Figura 2. 9 Dispositivos típicos para IoT

Fuente: (Castro, 2017)

Los objetos inteligentes están determinados por

- Identificación del objeto
- Sensores
- Actuadores
- Protocolo de comunicación
- Memoria

2.3.1.1 Tipos de aplicaciones

Destacan las siguientes plataformas con sus aplicaciones más frecuentes:

M2M (Machine-to-Machine)

- Domótica: Mejora de la seguridad, reducción de los costos de energía y mantenimiento, monitoreo y control de edificios inteligentes y hogares inteligentes.
- Inmótica: Conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de edificios no destinados a vivienda.

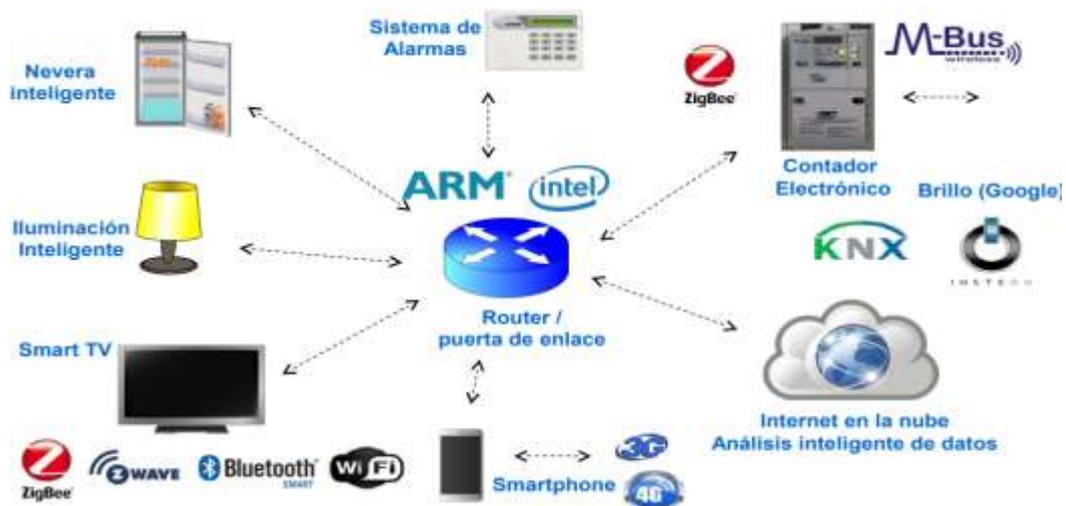


Figura 2. 10 Dispositivos y tecnologías M2M (domótica)

Fuente: (Castro, 2017)

En la figura 2.10, se muestra hardware y software con protocolos de comunicación M2M. Para dispositivos de baja potencia, con menos de 64 o 32 Mega Bytes de RAM. El software 'Brillo' de Google I/O (2015) es un sistema operativo pensado para la domótica y en derivación el hogar inteligente, basado en Android y a su vez es Open-Source por lo que su código fuente está disponible para todos los desarrolladores. (El Androide Libre, 2015). A su vez es compatible con arquitecturas ARM de la que disponen la mayoría de smartphones, Intel x86 que es la cual usan los computadores portátiles.

El sistema operativo Brillo está preparado para funcionar con unos requisitos de hardware mínimos como 64 megabytes de almacenamiento, 32 megabytes de memoria RAM, WiFi 802.11n y Bluetooth 4.0+, haciéndolo perfecto para su labor en pequeños objetos conectados.

Así también Google Weave es la plataforma/protocolo de comunicación de objetos del IoT entre sí, con dispositivos como smartphones y con la nube. Véase la figura 2.11 un esquema con dominios de la plataforma M2M

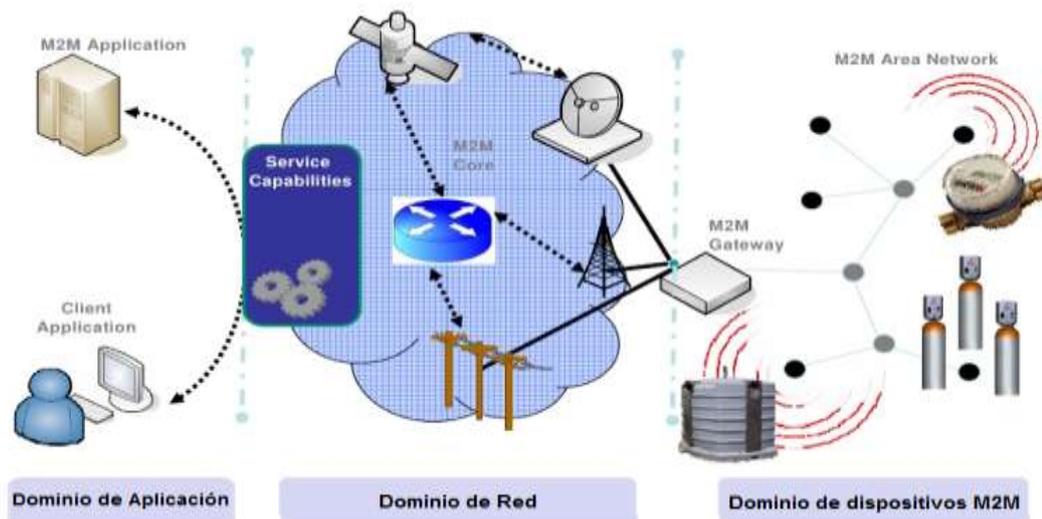


Figura 2. 11 Dominios de la plataforma M2M

Fuente: (Castro, 2017)

Así redes (Bluetooth), WiFi) se comunican con la nube permitiendo que diferentes objetos del IoT puedan 'interactuar' entre ellos como por ejemplo que la lavadora se active cuando la puerta se cierre o controlar éstos desde un smartphone estando fuera de casa a través de la nube.

M2P (Machine-to-People)

- Wearables: Aplicaciones en deporte, aplicaciones sanitarias, etc.
- Smartphones, Tablets.

Para el M2P (Machine-to-People) la identificación de objetos generalmente se basa en tecnologías de identificación automática tales como:

- RFID, balizas Bluetooth, etc.

- Códigos QR, de barra.
- Reconocimiento de imagen
- Identificación biométrica
- Huella dactilar
- Reconocimiento de Iris (ojo)
- Reconocimiento facial
- Análisis de estructuras de superficie
- GPS en combinación

M2B (Machine-to-Business)

•Sector de la Energía: redes eléctricas inteligentes, contaje inteligente, aplicaciones de eficiencia energética, energías renovables. Véase en la figura la representación de red eléctrica inteligente 'smart grid'.



Figura 2. 12 Infraestructura M2B de red eléctrica inteligente 'Smart Grid'

Fuente: (Castro, 2017)

•Movilidad: Reducción de la contaminación, consumo eficiente de combustibles fósiles, etc.

- Fabricación (25% de las aplicaciones): Sector gasista y petrolero lideran, minería, etc.
- Agricultura: Granja Inteligente.
- Aplicaciones sanitarias (5-15%): Gestión médica
- Otros: Ciudades, PYMES, sector público, servicios financieros, etc.



Figura 2. 13 Esquema de aplicaciones para ciudades inteligentes

Fuente: (Castro, 2017)

Basado en varias tecnologías, para el caso de una ciudad inteligente los sensores son parte vital de la plataforma IoT pues tendrán capacidad no solo de pensar, sino de controlar (tomar decisiones) en tiempo real, así entre sensores comunes se medirán los siguientes parámetros:

- Temperatura,
- Parámetros de luz,
- Presión,
- Vibración
- Deformaciones
- Aceleración,
- Punto Cardinal,

- Humedad,
- Acústica, Discurso
- Eventos visuales, Video
- Perfiles personales, por ejemplo, perfiles de comportamiento.

Entre el desempeño de diversos nodos sensores se podrá reducir costos y consumo de recursos para iluminación exterior, gestión del tráfico, distribución de agua, gestión de residuos, monitoreo ambiental, vigilancia, conectividad inalámbrica de largo alcance, control de sistema centralizado e integrado.

El complemento tecnológico de un sensor es un actuador, un dispositivo que convierte una señal eléctrica en acción, a menudo mediante la conversión de la señal a energía no eléctrica, como el movimiento. En la figura 2.14 se muestran ciertos tipos de sensores para la industria, la robótica, entre otros.



Figura 2. 14 Sensores para la industria

Fuente: el autor

Los actuadores pueden ser independientes (es decir, solo un dispositivo de salida), o pueden combinarse con un sensor de entrada IoT. Un ejemplo podría ser una lámpara inteligente diseñada para iluminación nocturna en exteriores, donde el sensor detecta que la luz ambiental ha caído a un nivel

predeterminado (que puede ser programado externamente). Además de informar estos datos en etapas posteriores del proceso, como así también activa directamente el actuador (la lámpara misma) para encender.

En muchos casos, un actuador, además de actuar sobre los datos enviados a través de una red IoT, informará también con datos adicionales, por lo que en cierto sentido puede contener tanto un sensor como un actuador.

2.3.1.2 Fabricación inteligente

A nivel industrial, la fabricación se puede definir como el proceso de varias fases de creación de un producto a partir de materias primas, la fabricación inteligente es un subconjunto que emplea control informático y altos niveles de adaptabilidad

La fabricación inteligente tiene como objetivo aprovechar las tecnologías avanzadas de información y fabricación para permitir la flexibilidad en los procesos físicos para abordar un mercado dinámico y global.

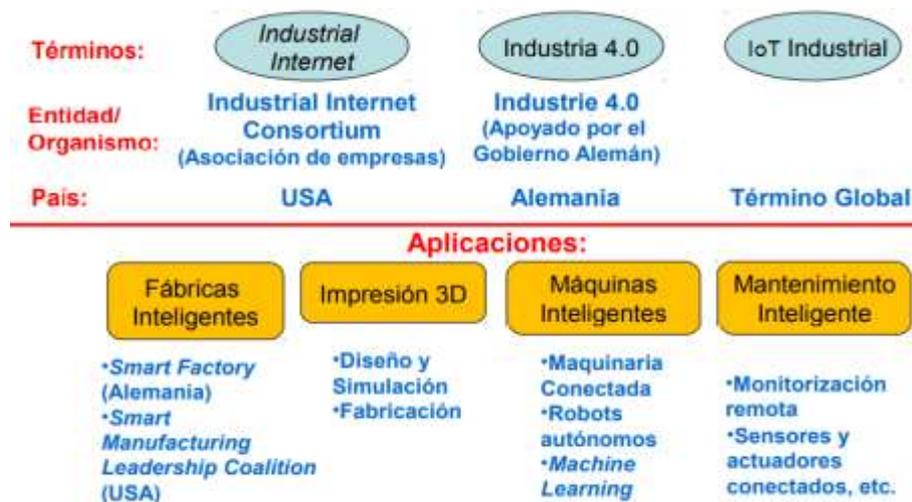


Figura 2. 15 Aspectos para fábrica inteligente

Fuente: el autor

En la figura 2.15, se indica que el termino fabricación inteligente nació en Europa en Alemania como concepto 'Smart Factory'. En Estados Unidos como "Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC) ambos proyectos establecen el modelo de Industria 4.0 que especifica la utilización de

máquinas inteligentes interconectadas y el análisis de datos de los usuarios en tiempo real para la toma de decisiones. A través de la robótica inteligente, los sensores establecen comunicación máquina a máquina, con los sistemas de fabricación, recursos de procesamiento de Big Data y tecnologías avanzadas como procesos de impresión 3D, inteligencia artificial y herramientas de realidad aumentada.



Figura 2. 16 Representación de realidad aumentada en la industria

Fuente: (Castro, 2017)

2.3.1.3 Sistemas ciberfísicos

En los sistemas ciberfísicos (CPS), los componentes físicos y de software están profundamente interconectados, cada uno operando en diferentes escalas espaciales y temporales, exhibiendo múltiples y distintas modalidades de comportamiento, e interactuando entre sí en una miríada de formas que cambian con el contexto (US National Science Foundation 2010).

En otras palabras, es integración de dispositivos que se conectan al internet, de redes y procesos físicos. Las computadoras y redes integradas monitorean y controlan los procesos físicos, con ciclos de retroalimentación donde los procesos físicos afectan los cálculos y viceversa (Leisenberg, 2017).

La figura 2.17 muestra un esquema de sistema ciberfísico.

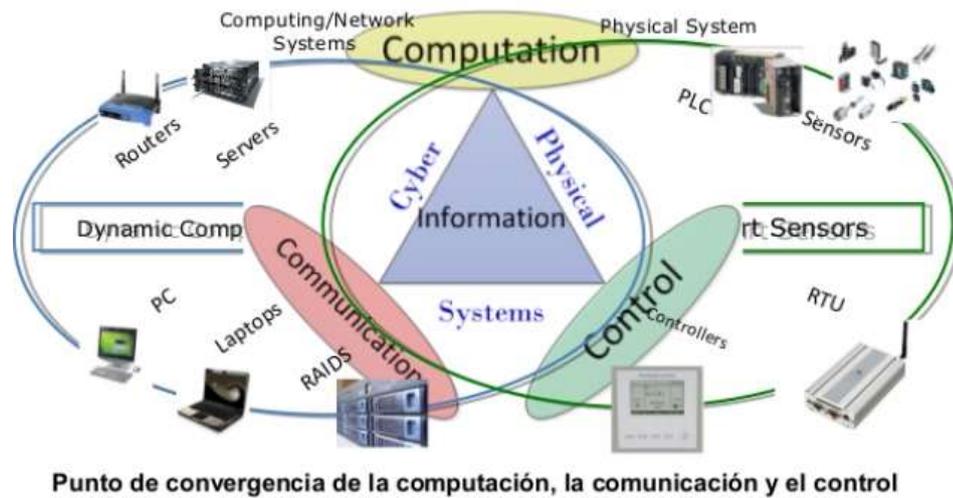


Figura 2. 17 Esquema de sistema ciberfísico

Fuente: (HSS, 2018)

Los ejemplos de CPS incluyen Industria 4.0 o SME 4.0 en general o red inteligente, automóvil autónomo, sistemas, monitoreo médico, sistemas de control de procesos, sistemas de robótica y aviónica piloto en particular. A menudo, las CPS se consideran una etapa previa de IoT. Comparten la misma arquitectura básica, sin embargo, las CPS presentan una mayor combinación y coordinación entre los elementos físicos y computacionales (Rad, et al., 2015).

Un sistema ciberfísico consta principalmente de tres fases claramente definidas:

- a) **Identificación:** Esencial durante la fabricación, de tal forma que una máquina puede comunicar a través de radio frecuencia para identificar una etiqueta que es a menudo usada por un objeto.
- b) **Integración de sensores y actuador:** Necesario para el funcionamiento de las máquinas, controlando el movimiento de una máquina pudiendo detectar así los cambios.
- c) **Desarrollo de sensores y actuadores:** Este desarrollo permite a las máquinas almacenar y analizar cambios, permitiendo así el intercambio de información y el análisis rápido del mismo.

Las aplicaciones comunes de CPS generalmente caen bajo sistemas autónomos habilitados para comunicación basados en sensores. Por ejemplo, muchas redes de sensores inalámbricos monitorean algún aspecto del entorno y retransmiten la información procesada a un nodo central (Karnouskos 2011).

Con la Industria 4.0 y los sistemas ciberfísicos, los robots pasarán al modo de espera de forma rutinaria durante cortos descansos de producción y se apagarán durante los descansos más largos. Los motores con control de velocidad que reducen la energía requerida para operar máquinas serán generalizados. Dichos cambios reducirán significativamente el consumo de energía y se tomarán en cuenta como parte de las prácticas de diseño de Smart Factory.



Figura 2. 18 Robots para Industria 4.0

Fuente: (HSS, 2018)

Robots y vehículos autónomos desempeñaran papeles clave en instalaciones de una fábrica inteligente. La tecnología de Inteligencia Artificial (IA), que progresa rápidamente, ofrecerá robots para el sector industrial con capacidad de 'aprender'. Las máquinas inteligentes que son capaces de realizar tareas repetitivas con precisión y errores de autocorrección serían la solución perfecta para cualquier fábrica involucrada en la producción a gran escala.

Al mismo tiempo, la tecnología de Internet de las cosas (IoT) puede mejorar la eficiencia, la escalabilidad y la conectividad de las organizaciones industriales a la vez que ahorra tiempo y dinero. Las empresas han comenzado a aplicar la tecnología de detección para mejorar la seguridad del lugar de trabajo y la eficiencia operativa, a la vez que reduce el costo del mantenimiento innecesario.

La implementación conjunta de IA e IoT brindará a las empresas, una ventaja competitiva y ayudará a construir los negocios impulsados por datos del mañana.

2.3.1.4 Cloud Computing o Computación en la Nube

El Cloud Computing o computación en la nube se encarga que los datos y los programas ya no se alojan en los computadores de hogares u oficinas, sino en un centro de computación en la 'nube'. El operador del centro es responsable de la seguridad y las operaciones, haciendo que la capacidad de cálculo necesaria esté siempre disponible y proporcionando los programas necesarios, la seguridad de datos y las copias de seguridad. (Híbridos y eléctricos, 2016).



Figura 2. 19 Integración de procesos productivos con la nube

Fuente: (Konradin, 2018)

La clave para administrar las cargas de trabajo de manera fácil y efectiva en todo el espectro de dispositivos desarrollados es integrar servicios de cómputo con una plataforma en la nube. Dado que la Industria 4.0 produce

una cantidad enorme de datos a través de IIoT, las tecnologías de la nube se vuelven importantes para analizar y visualizar.

2.4 Convergencia de tecnologías para la Industria 4.0

La convergencia entre Transformación digital, Industria 4.0 e Internet de las cosas: han sido áreas de investigaciones de muchos expertos. Al respecto Manfre Leisebberg (2017) señala que más tecnologías como la simulación, análisis de grandes volúmenes de datos, la ciber seguridad también aportan al paradigma Industria 4.0.

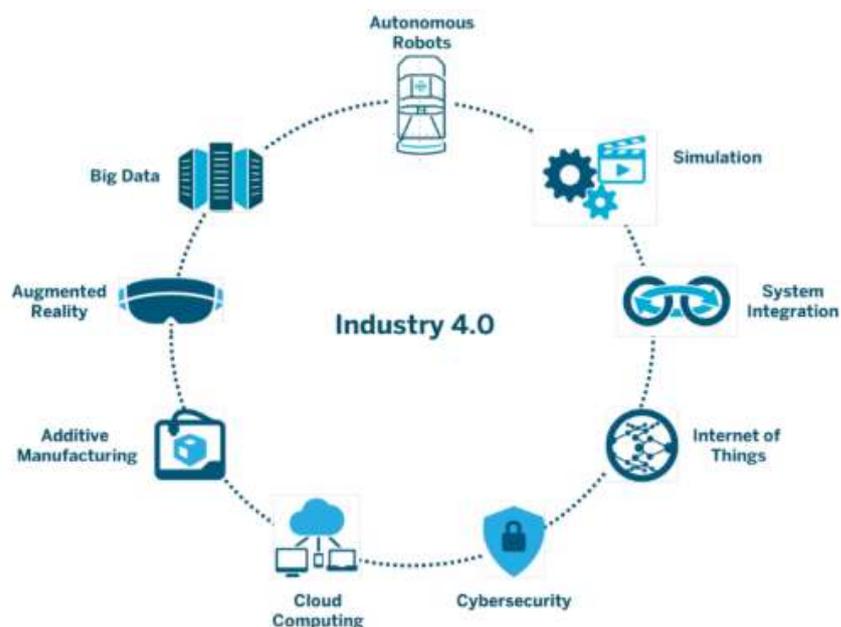


Figura 2. 20. Tecnologías para la Industria 4.0

Fuente: (GEINFOR, 2018)

A continuación, se detalla brevemente cada tecnología:

- 1) **Big Data and Analytics:** Es el análisis de un conjunto de datos masivos recopilados de las acciones, los cuales sirven de apoyo para futuras tomas de decisiones.
- 2) **Robots Autónomos:** Son sistemas mecánicos autónomos los cuales permiten mejor interacción con el entorno al realizar ciertas acciones.

- 3) Simulación:** Es un software el cual se utiliza en algunas operaciones dentro de la planta de producción.
- 4) Integración (horizontal–vertical) de Sistemas:** Se trata de la comunicación entre los fabricantes, proveedores y clientes los cuales están enlazados por los sistemas informáticos, para así facilitar una mejor cadena de valor verdaderamente automatizadas.
- 5) Internet de las cosas industrial (IoT):** Es una tecnología que permite a los dispositivos de campo comunicarse e interactuar entre ellos de forma remota en tiempo real.
- 6) Ciberseguridad:** Debido al aumento de tráfico de datos que representa la Industria 4.0, esto incrementa dramáticamente la necesidad de proteger los sistemas industriales y las líneas de producción contra amenazas informáticas.
- 7) Cloud Computing:** Cada vez es mayor la información para analizar, lo cual requerirá más intercambio de datos, por esa razón la nube dará ese beneficio y conseguirá el tiempo de reacción deseado.
- 8) Fabricación Aditiva:** Facilita la elaboración de prototipos propios y componentes individuales. Lo cual permitirá reducir las materias primas, los stocks y las distancias de transporte.
- 9) Realidad Aumentada:** Un operario equipado con gafas de realidad aumentada puede, por ejemplo, recibir instrucciones de reparación de una máquina en el propio puesto de trabajo.

Teniendo en cuenta, por su parte el World Economic Forum (2016) dice que la cuarta revolución industrial está en la genética, la nanotecnología y la biotecnología, entre otros. Además, afirma que los sistemas permitirán afrontar un amplio abanico de problemas que van desde la gestión de las cadenas de suministro hasta el cambio climático. Por esa razón podemos decir que ciertos beneficios de implementar tecnología 4.0 es lo mejor:

- La aplicación de las tecnologías ayuda a que los procesos productivos sean más eficientes, ya que permite una mejor optimización de recursos energéticos y/o de materias primas.
- La incorporación de las tecnologías en los productos ayudará a mejorar sus funcionalidades y permitirá la aparición de nuevos productos.
- Posibilita la aparición de nuevos modelos de negocio.
- Permite una mejor hiperconectividad del cliente.
- Permite una mejor gestión a la hora de la trazabilidad multidimensional de extremo a extremo, por medio de la coordinación de ecosistemas industriales de valor para así garantizar la sostenibilidad a largo plazo.
- Diseños reducidos y aumento de métodos colaborativos para potenciar la innovación.
- Gestión de sistemas en serie y tiempo de respuesta más cortos.
- Bajos costes de mantenimiento
- Reducir los costes operacionales

- Clientes más satisfechos

2.5 Retos de la industria conectada 4.0

Según Geinfor (2017) en cuanto a retos de Industria 4.0, señala los siguientes aspectos:

- Generar redes para integrar verticalmente a todos los actores de la cadena de valor: La transmisión automática de datos relevantes entre sistemas de la planta de producción es esencial hoy en día. Algunas claves para generar estas redes de integración vertical serán:

- a) Integración IT
- b) Analítica y gestión de datos (Big Data)
- c) Aplicaciones *Cloud*

- Integración horizontal para generar sinergias: La transformación de la industria no solo ocurrirá en sentido vertical, sino también en sentido horizontal. Estas integraciones horizontales crearán redes flexibles y con una altísima capacidad de respuesta.

Estas serán algunas de las claves de la futura integración horizontal:

- a) Optimización de modelos de negocio
 - b) Cadenas de valor inteligentes
 - c) Ciber seguridad
 - d) Nuevos modelos fiscales
 - e) Gestión de la Propiedad intelectual
- Integración de protocolos OT, IT, IIoT: Para afrontar los numerosos retos en las fábricas inteligentes, siempre se está en la búsqueda de

las soluciones que consigan la integración sencilla de los protocolos de las tecnologías operativas (OT), tecnologías de la información (IT) e Industrial Internet of Things (IIoT).

2.6 Internet de las Cosas Industrial

IIoT es una abreviatura de Industrial Internet of Things y es diferente de IoT (Internet of Things). IoT permite que un dispositivo inteligente se conecte o se comunice con otros dispositivos a través de Internet. IoT se trata principalmente de bienes de consumo, como automóviles o electrodomésticos, que envían y reciben datos a través de Internet para brindar beneficios a los usuarios.

En pocas palabras, IoT conecta el mundo físico con el mundo digital. Con IoT, los electrodomésticos se pueden encender y apagar automáticamente cuando estás en casa y cuando no estás en casa. Por lo tanto, reduce el uso innecesario de los electrodomésticos y reduce su factura mensual de electricidad.

IIoT o Internet industrial de las cosas, por otro lado, es un subsegmento de IoT, utilizado para fines industriales, como la fabricación, el seguimiento y la gestión de la cadena de suministro. Las industrias de todo el mundo, como la industria aeroespacial, el petróleo y el gas, el transporte, la salud, la energía y la minería, están adoptando cada vez más el IIoT para manejar máquinas críticas a través de sofisticados sensores.

IIoT utiliza sensores más precisos que el de IoT, ya que las fallas del sistema podrían provocar situaciones de emergencia y otras situaciones de emergencia. Esa IoT está relacionada con los dispositivos de nivel de consumidor, el riesgo que se origina de la falla es mucho menor en comparación con la falla de IIoT. Utilizando dispositivos de vanguardia y tecnologías que reconocen la ubicación, IIoT lleva la fabricación a un nivel

completamente nuevo y garantiza una gestión de cadena de suministro impecable (Pundir, 2017).

2.6.1 Big Data, Data Mining y Data Analytics

Big Data Analytics no solo ayuda a identificar tendencias y patrones, sino que también mejora la productividad de la planta ya que permite examinar las diferencias de tiempo entre los datos transmitidos por diferentes robots.

Se espera que la extracción o búsqueda de grandes volúmenes de información se realicen de forma rápida, es decir, en tiempo real. Esto se puede lograr con algoritmos avanzados en servidores (minería de datos) y los análisis con software de cálculos cuantitativos; De esa forma, se puede reducir los costes de operaciones, optimizando la producción, prediciendo el mantenimiento para minimizar las interrupciones. Sin embargo, el envío de datos desde un dispositivo de campo a la nube es una larga tarea para la mayoría de fabricantes. (GEINFOR, 2018)



Figura 2. 21 Arquitectura de Big Data, Data Mining y Data Analytics

Fuente: (Pundir, 2017)

La industria manufacturera genera grandes volúmenes de datos como resultado de la comunicación máquina a máquina, mundos ciber físicos, aplicaciones de software basadas en la nube, realidad aumentada (AR), etc. Sin embargo, estos datos no serán de utilidad a menos que se aplique el

análisis de Big Data para trazar ideas accionables. Esta valiosa información ayuda a encontrar una solución para mejorar la eficiencia.

Además, el análisis de datos permite identificar fallas en el diseño del producto en una etapa muy temprana mediante la recopilación y el examen de datos de defectos de parte por millón. Por lo tanto, el análisis de datos proporciona una forma de identificar anomalías o problemas en el diseño de nuevos productos antes de que los clientes los identifiquen. (Pundir, 2017).

Además, el análisis de datos ayuda a calcular el costo de mantenimiento de la maquinaria, lo que permite planificar y ejecutar el proceso de manera efectiva. Big Data Analytics desempeñará un papel fundamental en la obtención de información valiosa para reducir los costos comerciales y aumentar la productividad.

2.6.2 Inteligencia artificial

La industria manufacturera fue la primera en utilizar la Inteligencia Artificial (IA) para ensamblar y empaquetar productos. La IA, también, tiene un papel muy importante que desempeñar en Industria 4.0, ya que facilita el aprendizaje automático, permitiendo que las máquinas aprendan y hagan predicciones basadas en experiencias.

La IA tiene mucho que ver con los datos, ya que los sistemas ciber físicos se comunican entre sí y con los humanos al enviar y recibir datos en tiempo real a través de IoT. La recopilación y el análisis de grandes cantidades de datos optimizan el proceso de fabricación y revoluciona la producción en masa. Además, las máquinas impulsadas por la IA son capaces de realizar tareas las 24 horas del día, lo que da un impulso significativo a la productividad.

La General Electric a través de GE Digital desarrolló su plataforma 'Predix Edge' como servicio para permitir que las empresas industriales ejecuten análisis predictivos en la red, lo más cerca posible de las fuentes de datos, ya sean bombas, válvulas, intercambiadores de calor, turbinas o incluso

máquinas en movimiento. La idea principal, es analizar datos casi en tiempo real, optimizar el tráfico de red y reducir costes.



Figura 2. 22 Robots con inteligencia artificial

Fuente: GE Digital

Las nuevas aplicaciones, que amplían la plataforma 'Predix Edge' también están destinadas a conectar sistemas de información y tecnología operacional (OT e IT) para administrar mejor los activos de toda la empresa, por ejemplo, aportando datos de la fábrica e instalaciones de inventario en ERP y sistemas de cadena de suministro que pueden residir en centros de datos corporativos o en la nube.

2.6.2.1 Proceso de inteligencia artificial

La incorporación de inteligencia artificial en las aplicaciones se compone de tres pasos clave, pero en función de los requisitos y las funcionalidades, en el caso del proceso de inteligencia artificial Azure AI (Microsoft) es una herramienta flexible que posee herramientas precompiladas como servicios cognitivos (Cognitive Services) para obtener tecnología de nivel empresarial. Como Azure Machine Learning que permite llevar sus propios datos para habilitar mayor control y personalización.



Figura 2. 23 Proceso básico de IA de Azure Machine Learning

Fuente: (Azure Microsoft, 2018)

A través de las herramientas Azure AI, se puede generar escenarios compilados con:

- Clasificación de imágenes con redes neuronales convolucionales
- Detección de información con aprendizaje profundo y procesamiento del lenguaje natural
- Prevención de defectos con mantenimiento predictivo

2.6.3 Robots colaborativos o Cobots

La industria manufacturera ha estado utilizando robots durante muchos años para reemplazar el trabajo humano, aumentar la productividad y reducir los costos. Sin embargo, Industria 4.0 trae el concepto de robots colaborativos, también conocidos como Cobots. Los Cobots se introdujeron en 1994 por primera vez en el mundo por una iniciativa de General Motors. -en cambio Universal Robots desarrolló su primer Cobot en 2008 en un intento por mejorar la producción de calidad.

A diferencia de los robots que reemplazan a los humanos, los Cobots trabajan y colaboran con los humanos para producir el resultado deseado, sin representar una amenaza para la seguridad humana. Los robots industriales tradicionales generalmente tienen 6 ejes con los últimos 3 ejes cruzados en una muñeca, mientras que los Cobots generalmente tienen 6 y 7 ejes con muchas compensaciones. La mayoría de los robots industriales

tradicionales no tienen la capacidad de interactuar de forma segura con los trabajadores sin la instalación de detectores de movimiento y sensores adicionales.

La consultora Boston Consulting Group predice que la inversión en robots industriales crecerá un 10% cada año durante los próximos diez años en los 25 países exportadores más importantes del mundo, cuando los robots ocuparán más del 23% de los puestos de trabajo de manufactura. Hasta ahora, los robots han asumido solo el 10% de los trabajos que se pueden automatizar.



Figura 2. 24 Robot con inteligencia artificial

Fuente: HCL Technologies

Los Cobots son livianos y están equipados con sensores para evitar tocar a los humanos con fuerza o lesionarlos. Estos son equipados con sensores altamente sensible a la detección de cualquier objeto o fuerza 'inesperada', por consiguiente, les otorga la capacidad de detenerse inmediatamente cuando se encuentran con trabajadores humanos o cualquier objeto extraviado en su área de operación.

Muchas industrias que se han equipado con Cobots crean equipos donde el obrero trabaja con Cobots, esto los convierte en 'colegas' altamente confiables en lo que respecta a la seguridad en el lugar de trabajo, en comparación con los robots industriales estándar. (Kadir, 2017).



Figura 2. 25 Cobots trabajando con humanos

Fuente: (Calderone, 2016)

En algunos procesos de fabricación, hay aplicaciones en las que tiene sentido que los trabajadores realicen una tarea de forma manual. En otras aplicaciones, la mejor opción es la automatización general. Los Cobots son prácticos para muchas de las tareas que se encuentran en algún punto intermedio. En estas situaciones, un trabajador necesita ver, sentir y reaccionar según sea necesario, pero el Cobot puede manejar ciertos movimientos físicamente exigentes.

En el aspecto más técnico, un Cobot puede detectar actividades no estándar en su entorno de trabajo y limitar su fuerza, lo que permite una estrecha cooperación entre humanos y robots sin ninguna separación física. Todos los Cobots tienen sensores de fuerza en sus articulaciones que detienen su movimiento en caso de impacto, permitiendo que el robot opere a toda velocidad sin la preocupación de lesiones humanas.

Los Cobots son asistentes de los trabajadores de las fábricas, por lo que la productividad aumenta. Mientras que los robots realizan los trabajos repetitivos, los trabajadores de las fábricas pueden ser creativos y mejorar las formas de llevar a cabo la fabricación. Esto puede hacer que la fabricación sea más eficiente y rentable (Calderone, 2016).

2.6.4 Realidad Aumentada (RA)

La Realidad Aumentada asiste a la industria manufacturera a agilizar toda la cadena de producción. La RA ayuda a crear modelos de simulación y permite ver información sobre las tareas que se realizan. “Con la ayuda de los dispositivos RA, es posible ver lo que no se puede ver de otra manera, como una pantalla virtual que aparece frente a usted para proporcionar instrucciones sobre cómo realizar una tarea en particular” (Pundir, 2017).



Figura 2. 26 Realidad Aumentada en industria

Fuente: (Pundir, 2017)

La RA proporciona una manera brillante de cerrar la brecha de conocimiento en los trabajadores, lo que los hace más eficientes y productivos.

2.6.5 Computación en la nube

Computación en la nube o Cloud Computing se refiere a la práctica de usar una red de servidores remotos alojados en Internet para almacenar, administrar y procesar datos, en lugar de un servidor local o una computadora personal. De esta manera se aprovecharía todo el potencial de la robótica y la inteligencia artificial.

Dado que la Industria 4.0 produce una cantidad enorme de datos a través de IIoT, las tecnologías de la nube se vuelven importantes para analizar y visualizar (Pundir, 2017).

2.6.5.1 Caso: Optimización de costos en fábrica

La fábrica de autos y motores de avión Rolls Royce se asoció con Microsoft para utilizar su suite de nube Azure IoT en un intento por hacer aeronaves más eficientes y reducir los costos de mantenimiento del motor. Con Azure IoT Suite, Rolls Royce recopila y agrega datos de diferentes fuentes y diferentes ubicaciones geográficas.

Después de recopilar datos, Rolls Royce pone en uso Cortana Intelligence Suite para extraer información útil sobre la salud del motor, información de control de tráfico aéreo, restricciones de ruta, uso de combustible, etc. Como resultado, la compañía ha podido para mejorar el rendimiento operativo y aumentar la eficiencia del combustible.

En la figura 2.27 muestra un esquema de como datos en la nube servirá para optimizar tiempo de búsqueda de estacionamiento, de herramientas etc., Así también el monitoreo a través de smartphones de condiciones propicias para diversos cultivos.



Figura 2. 27 Algunos escenarios del cloud o computación en la nube

Fuente: (Híbridos y eléctricos, 2016)

2.6.5.2 Protección de datos en IIoT

Muchos proveedores grandes de almacenamiento en nubes son completamente inadecuados para Industria 4.0 porque no se puede garantizar la seguridad de los datos. Sin una protección de datos adecuada, no hay Industria 4.0, porque uno de los mayores obstáculos es la seguridad de los datos corporativos.

La infraestructura de proveedoras de computación en la nube a menudo no está en el país donde la industria reside. Y si en el país el marco legal acerca de protección de datos no es estricta, la plataforma industrial puede ser sabotada generando paralizaciones y pérdidas económicas muy grandes.

El hecho de que como diversos objetos serán parte de un entorno interconectado, se debe considerar que estos dispositivos han perdido su protección física. Los atacantes informáticos podrán interceptar, leer o cambiar datos potencialmente, podrán falsificar los sistemas de control y cambiar funcionalidades, lo que se suma a las situaciones de riesgo.

Los delincuentes informáticos saben que, en la actualidad, los sistemas de nube son de misión crítica para muchas organizaciones. Asimismo, reconocen que pueden penetrar a los sistemas conectados más rápido al violar aquellos que están en la nube (CISCO, 2017). Cisco ha registrado un aumento en la actividad de los hackers que atacan plataformas de nube, con diversos niveles de sofisticación.

Cisco a través de sus investigadores del departamento Ecosistema Cisco Collective Security Intelligence (CSI) sorprendió incluso a ciber delincuentes que estaban cazando identidades empresariales válidas. Usando ataques de fuerza bruta, los hackers estaban creando una biblioteca de credenciales de usuarios corporativos verificadas (User Name y contraseñas) seguramente, a partir de listas de cuentas expuestas en la web.

El reporte sobre cyber seguridad de Cisco (2017) afirma que el incremento exponencial de conexiones implica mayores vectores de ataque que los

ciber delincuentes pueden aprovechar para robar información confidencial y propiedad intelectual o llevar a cabo ciber ataques a grandes instalaciones industriales. Para lograr el correcto nivel de protección en este mundo hiper conectado, las soluciones físicas y virtuales deben combinarse en un nuevo modelo de seguridad centrado en las amenazas tan ubicuo como el IoT.

Este nuevo modelo, capaz de abarcar un amplio abanico de vectores de ataque durante todas sus etapas (antes, durante y después), está basado en tres pilares:

1. Visibilidad en tiempo real de dispositivos, datos y la relación entre ellos.
2. Consciencia de las amenazas: identificar las amenazas en función de comportamientos normales y anómalos.
3. Integración y agilidad, reduciendo la complejidad generada por la adopción de múltiples soluciones puntuales mediante una plataforma unificada con políticas y gestión común que abarca la red, los dispositivos y el Cloud.

En conclusión, se deben invertir en herramientas automatizadas que ayuden a los equipos de protección informática a adelantarse a las alertas, tener visibilidad y gestionar sus redes dinámicas, y detectar y responder rápidamente a las amenazas reales. Y tienen que dedicar tiempo y recursos para asegurarse de que siempre sabrán exactamente qué hay en su entorno de TI, y que todo dentro de él se implemente de manera segura y correcta y se mantenga actualizado (CISCO, 2017)

En el siguiente capítulo se aborda la red eléctrica inteligente 'Smart Grid' y su convergencia con el paradigma del IoT.

Capítulo III:

Redes eléctricas Inteligentes e Internet de las cosas

3.1 Red eléctrica convencional

Se indica que la generación de energía eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía (química, cinética, térmica, lumínica, nuclear, solar entre otras), en energía eléctrica. Por consiguiente, a través de centrales eléctricas se puede llevar la generación de alta tensión a través de redes de transmisión hacia distribuidoras que tendrán que bajar a media y baja tensión. En la figura 3.1 se muestra un esquema de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.



Figura 3. 1 Redes eléctricas convencionales

Fuente: Traducido a partir de (Windpower, 2014)

3.2 Red eléctrica inteligente

Uno de los problemas centrales de la ingeniería mecánica y eléctrica en cuanto a plantas eléctricas, es registrar, monitorear y optimizar el consumo de energía. En este proceso, la tecnología de automatización desempeña un papel esencial e indispensable. Solo los sistemas de automatización pueden recopilar datos de energía, relacionarlos con la información del proceso e intervenir cuando sea necesario. En la figura 3.2 se muestra una

representación de migrar de la red eléctrica tradicional (jerárquica) hacia una red eléctrica inteligente.

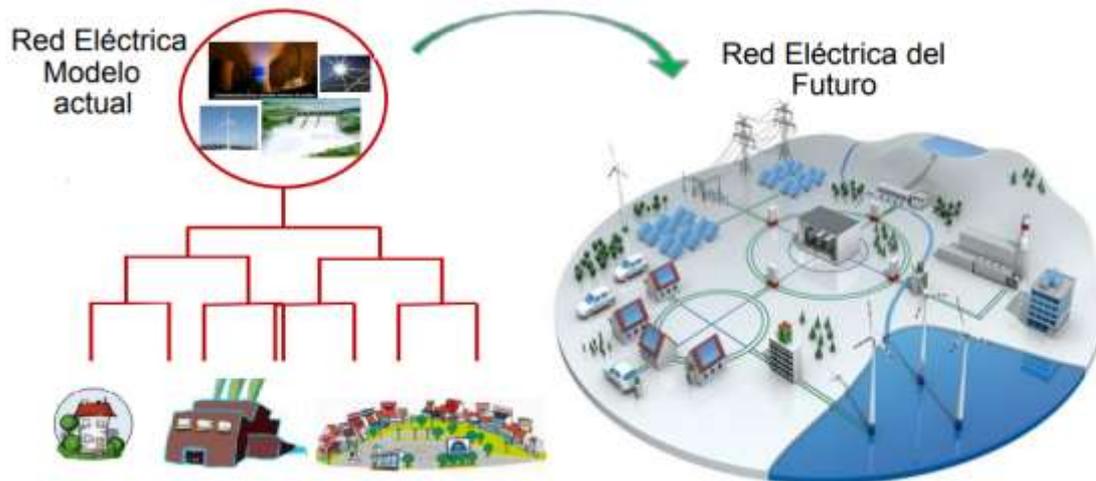


Figura 3. 2 Red eléctrica tradicional hacia red inteligente

Fuente: (CIAcado, 2017)

Una Smart Grid es una red eléctrica que puede integrar de manera rentable el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados a ella (generadores, consumidores y aquellos que hacen ambas cosas) para garantizar un sistema de energía sostenible y económicamente eficiente con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad del suministro y la seguridad (FEDIT, 2011).

Las Redes Inteligentes no sólo suministran energía sino también información. La "inteligencia" se manifiesta en una mejor utilización de las tecnologías y soluciones para optimizar la planificación y funcionamiento de las redes de electricidad existentes, para controlar de forma inteligente la generación y permitir nuevos servicios y para mejorar la eficiencia energética. (Lorente, 2011).

Este concepto implica un sistema de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica moderno e inteligente que incorpora elementos tradicionales y avanzados de la Ingeniería Eléctrica de Potencia, nuevas tecnologías aplicadas a la medida y supervisión del sistema, soporte en las tecnologías de la Información para procesar la gran cantidad de datos y

convertirlos en información y conocimiento, y las Comunicaciones para proveer un mejor desempeño del sistema para soportar un nuevo conjunto de servicios adicionales para los usuarios y el negocio de las empresas (CIAcedo, 2017).

De forma coyuntural, en la tabla 3.1 se sintetiza diferencias entre red eléctrica convencional y una inteligente.

Tabla 3. 1 Diferencia entre red eléctrica convencional y una red inteligente

Red eléctrica convencional	Red eléctrica inteligente
Electromecánica	Digital
Comunicación unidireccional (si existe)	Comunicación bi-direccional
Infraestructura para generación centralizada	Generación distribuida y renovable - interconecta sistemas híbridos
Sistemas de supervisión y vigilancia con limitaciones	Sistemas de supervisión y vigilancia con n-sensores a lo largo de la red (alta visibilidad del comportamiento)
Restablecimiento manual	Restablecimiento automático con apoyo de sistemas de toma de decisiones (auto-restablecimiento)
Control restringido en flujos de potencia	Sistemas de control dominantes –estimador de estados
Sostenibilidad (concepto no prioritario)	Sostenibilidad y cambio climático – características inseparables de la red
Información de precios y consumos restringida	Información de precios total y completa al cliente

Nota: (Tapia, 2012)

Smart Grid como tecnología tiene el antecedente desde dos décadas atrás, a través de intentos por utilizar control de consumo mediante medidores y sistemas de monitoreo. Y hasta la actualidad la tecnología combina las plataformas TIC con nuevas arquitecturas, ejecutando integración y modelado de framework (marco regulatorio). (Tapia, 2012).

Para hacerlo, las redes inteligentes coordinan el papel de los interesados en la cadena de suministro de electricidad, incluidos los generadores, los operadores de la red y los usuarios finales, teniendo en cuenta sus necesidades y capacidades.

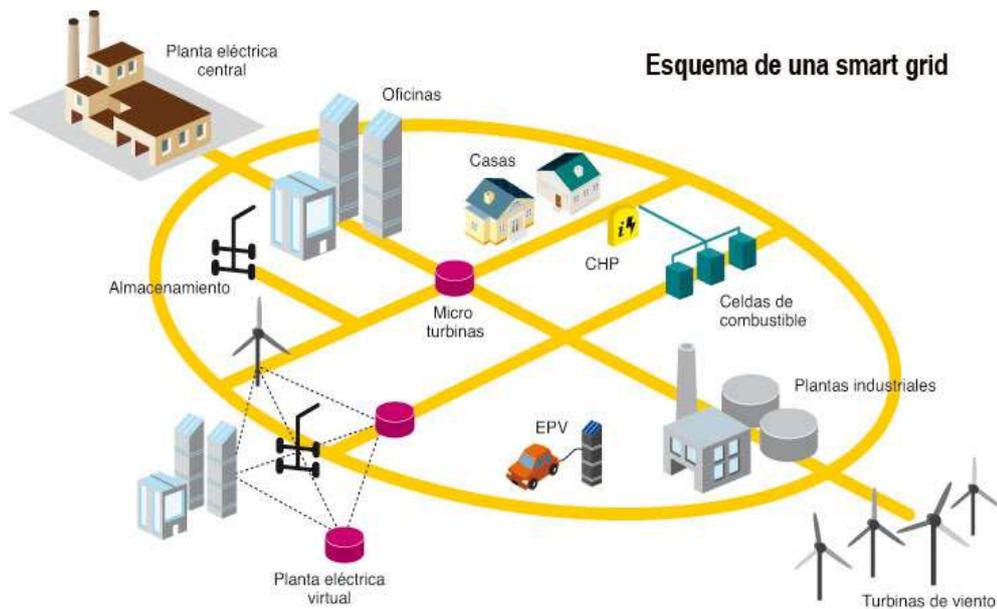


Figura 3. 3 Representación de una Smart Grid

Fuente: (Tapia, 2012)

En el campo de la estandarización de interfaces de sistemas, modelos de datos para la gestión de redes energéticas y la integración de aplicaciones en el entorno de TI de una empresa de suministro de energía, la Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC International *Electrotechnical Commission*) adoptó el Modelo de Información Común (*Common Information Mode*, CIM) (Velázquez, 2010).

Las capacidades de integración de la arquitectura TICs se basan en la comunicación estandarizada, especialmente mediante el uso de IEC 61970/61968 (Modelo de información común, CIM) y un lenguaje de descripción de producto de mercado fácilmente extensible que también se realiza con CIM.

En la figura 3.4 se muestra un modelo de proceso para usar CIM en su integración.

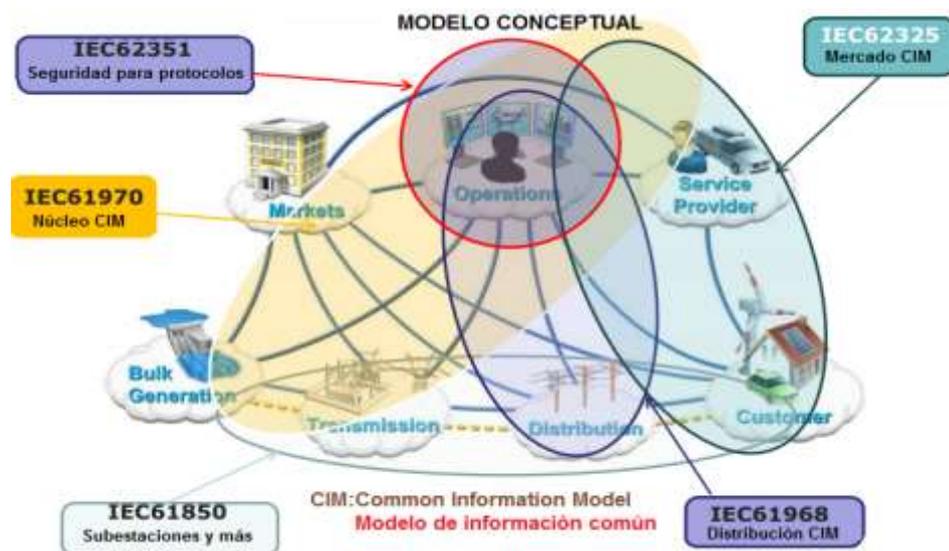


Figura 3. 4 Modelo conceptual y solución CIM

Fuente: Traducido a partir de (CIAcedo, 2017)

3.2.1 Protocolos de comunicaciones

Está regulado por el comité técnico TC57 de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). Así, IECTC57 reúne varios grupos de trabajo para estandarizar las comunicaciones en el sistema eléctrico mediante el desarrollo de modelos de datos e interfaces genéricos y la utilización por los mismos de protocolos de comunicación ya existentes como TCP/IP o interfaces serie (FEDIT, 2011).

Cada uno de estos grupos de trabajo se ha encargado de definir y mantener un estándar de comunicaciones en función de las necesidades de comunicación en cada punto de la red eléctrica. Así, cabe destacar:

- IEC60870-5 para comunicar maestros SCADA y subestaciones eléctricas para el control y adquisición de datos sobre líneas serie o TPC/IP (perfiles 101 y 104 respectivamente). Desarrollado por el grupo de trabajo (Work Group) WG3.
- IEC60870-6, también conocido como TASE-2 para comunicaciones entre centros de control sobre redes WAN. Desarrollado por WG7.

- IEC61970 para interconectar aplicaciones de gestión de energía o EMSs en el entorno de los centros de control. Desarrollado por el grupo de trabajo WG13.

IEC61968 para comunicar los centros de control con los sistemas de la red de distribución. Desarrollado por el grupo de trabajo WG14.

- IEC61334 para comunicaciones sobre líneas de distribución (Power Line communication, PLC). Desarrollado por el grupo de trabajo WG9.

- IEC62351 para definir perfiles de seguridad a utilizar en todos los anteriores a nivel TCP/MMS/6185. Desarrollado por el grupo de trabajo WG15.

- IEC61850 para automatización en el entorno de subestaciones eléctricas (buses de estación y proceso) y comunicación entre sus IEDs (Intelligent Electronic Devices). Desarrollado por el grupo de trabajo WG10. Teniendo como referencia IEC61850 se han desarrollado otras normativas similares en otros ámbitos de aplicación:

- IEC61400-25 que hereda un subconjunto de servicios de comunicaciones definidos en IEC61850, aporta un nuevo mapping de comunicaciones a Servicios Web y extiende el modelo de datos modelando las funcionalidades, datos y atributos presentes en un aerogenerador.
- IEC61850-7-420, que extiende el modelo de datos modelando las funcionalidades, datos y atributos presentes en sistemas de generación distribuida tales como sistemas fotovoltaicos, sistemas de almacenamiento, generadores diésel y sistemas de intercambio de calor.

En la figura 3.5 se esquematiza la visión integral de la Smart Grid y en cual la infraestructura de comunicaciones es vital para comunicar de forma bidireccional flujos de datos.

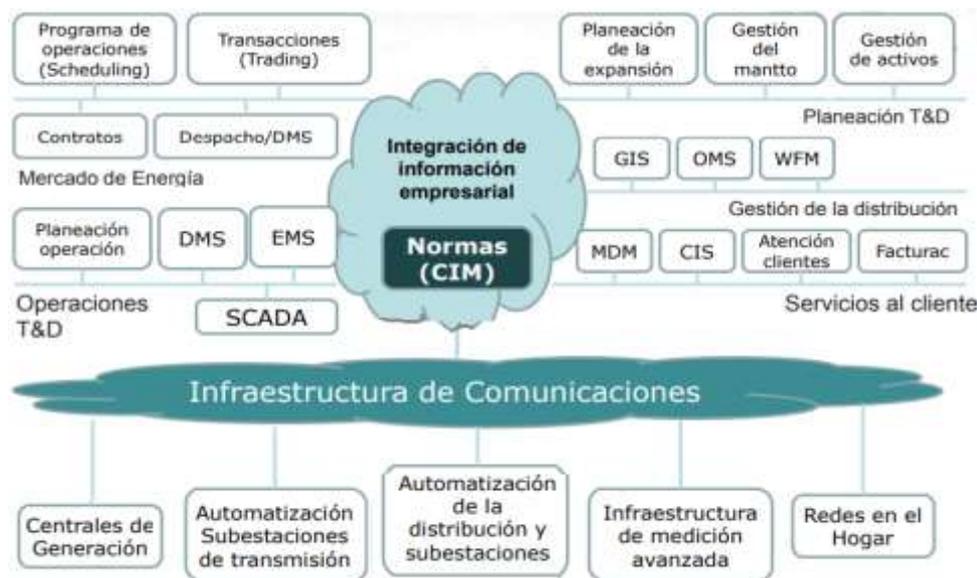


Figura 3. 5 Visión sistémica de Smart Grid

Fuente: (CIAcado, 2017)

3.3 Principales aplicaciones de Smart Grid

Las aplicaciones principales de la red inteligente son:

- Optimizar del control y la supervisión de la red.
- Permitir al consumidor contribuir a la gestión de la red
- Mejorar la capacidad física y la flexibilidad de la red.
- Permitir la autogestión de incidencias, tratando los errores producidos en la red y asegurando el flujo eléctrico en todos los puntos.
- Dotar de resistencia o seguridad frente a ataques y desestabilizaciones.
- Potenciar la participación activa de los consumidores, incentivando la generación local de energía y la entrega del exceso energético a la red en horas pico (FEDIT, 2011).

Desde esta perspectiva se hace imprescindible dotar a la red eléctrica tradicional con características propias de red inteligente, a través de la integración de cuatro plataformas tecnológicas:

- Infraestructura de medida avanzada, (Advanced Metering Infrastructure, AMI).



Figura 3. 6 Sistema de Medición avanzada

Fuente: (CIAcedo, 2017)

- Automatización avanzada de red de distribución (Advanced Distribution Automation, ADA),

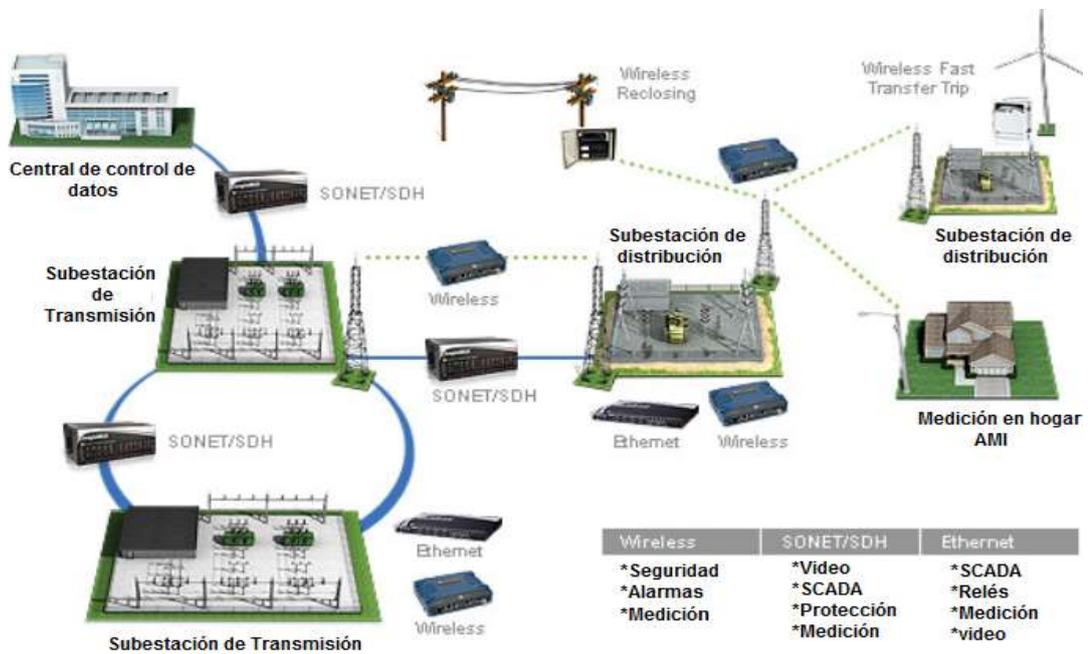


Figura 3. 7 Esquema de Automatización avanzada de red de distribución

Fuente: (CIAcedo, 2017)

- Fuentes de energía distribuida (Distributed Energy Resource, DER)

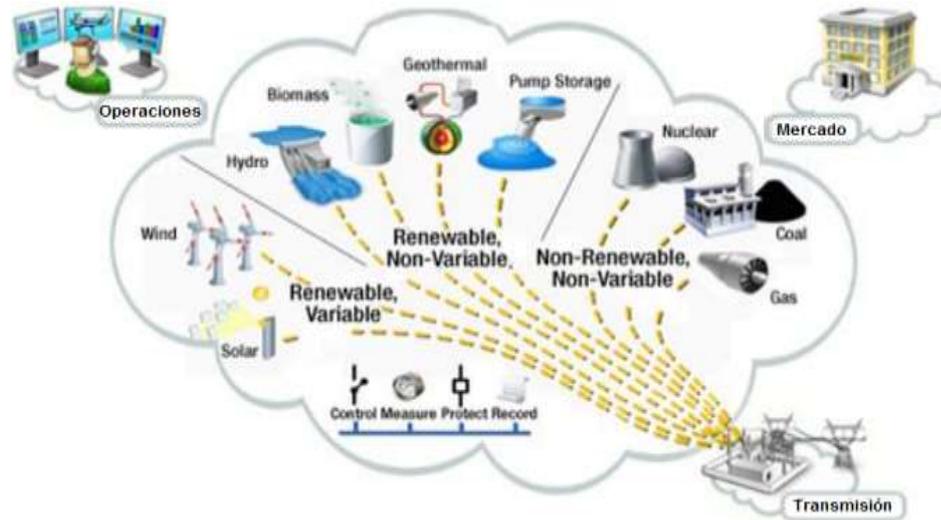


Figura 3. 8 Generación distribuida

Fuente: (General Electric, 2017)

- Vehículos eléctricos, (Electric Vehicle, EV).



Figura 3. 9 Vehículo eléctrico y sistemas de carga eléctrica

Fuente: (CIAcedo, 2017)

El despliegue del concepto Smart Grid está impulsado por tres sistemas;

1. Generación Distribuida (DG)
2. Sistemas de almacenamiento de energía (ESS)
3. Gestión de la demanda (DSM).

Estos tres sistemas agrupados bajo el nombre de Recursos de energía distribuidos (Distributed Energy Resource, DER) permiten la integración de los recursos descentralizados de energía renovable, así como los servicios de recarga de vehículos eléctricos, son esenciales para garantizar la seguridad energética, el desarrollo económico y la mitigación del cambio climático. De manera que los DER requieren de una etapa de planeación, donde se identifican las zonas geográficas de mayor impacto social y económico, y se determina el modelo y método de instalación

3.3.1 Generación distribuida (DG)

La generación distribuida (también conocida como generación in-situ, generación embebida, generación descentralizada, generación dispersa o energía distribuida), comprende según Lorente (2011) los siguientes aspectos:

- Generación en pequeña escala instalada cerca del lugar de consumo.
- Producción de electricidad con instalaciones que son suficientemente pequeñas en relación con las grandes centrales de generación, de forma que se puedan conectar casi en cualquier punto de un sistema eléctrico.
- Es la generación conectada directamente en las redes de distribución.
- Es la generación de energía eléctrica mediante instalaciones mucho más pequeñas que las centrales convencionales y situadas en las proximidades de las cargas.
- Es la producción de electricidad a través de instalaciones de potencia reducida, comúnmente por debajo de 1,000 kW.
- Son sistemas de generación eléctrica o de almacenamiento, que están situados dentro o cerca de los centros de carga.

- Es la producción de electricidad por generadores colocados, o bien en el sistema eléctrico de la empresa, en el sitio del cliente, o en lugares aislados fuera del alcance de la red de distribución.
- Es la generación de energía eléctrica a pequeña escala cercana a la carga, mediante el empleo de tecnologías eficientes, destacando a la cogeneración, con la cual se maximiza el uso de los combustibles utilizados. (Lorente, 2011).

En general y teniendo en cuenta aspectos regulatorios para el sector eléctrico español, se podría decir que en España se entiende por Generación Distribuida (CENIT, 2011).

- Una “pequeña” potencia ubicada en puntos cercanos al consumo.
- Conectada a la red de distribución.
- Es frecuente que una parte de dicha generación sea consumida (técnicamente) por la misma instalación y el resto se exporte a una red de distribución.
- No existe una planificación centralizada de dicha generación y no suele despacharse centralizadamente.
- La potencia de los grupos suele ser menor de 50 MW.

A nivel europeo y sobre todo, de Estados Unidos, casi tanto como el concepto de Generación Distribuida, se utiliza el concepto DER (Distributed Energy Resource) que agrupa tanto la GD como el almacenamiento de Energía (Lorente, 2011). La integración del componente de producción y consumo de energía a través del concepto de red inteligente permite una mayor respuesta a la demanda y eficiencia energética.

3.3.1.1 Generación Distribuida y Microrredes

En la planificación del sistema energético se deben incluir grandes áreas geográficas. Para un buen funcionamiento de las Redes Inteligentes se necesitan Microrredes en la red de distribución.

Una Microrred es una red eléctrica integrada, que utiliza fuentes de energía distribuidas (en su mayoría renovables) y poseen tecnologías de generación y control de energía interconectada que pueden operar dentro o fuera de una red central, mitigando las perturbaciones y aumentando la confiabilidad del sistema. Al permitir la integración de recursos distribuidos como el eólico y el solar, estos sistemas pueden ser más flexibles que las redes tradicionales

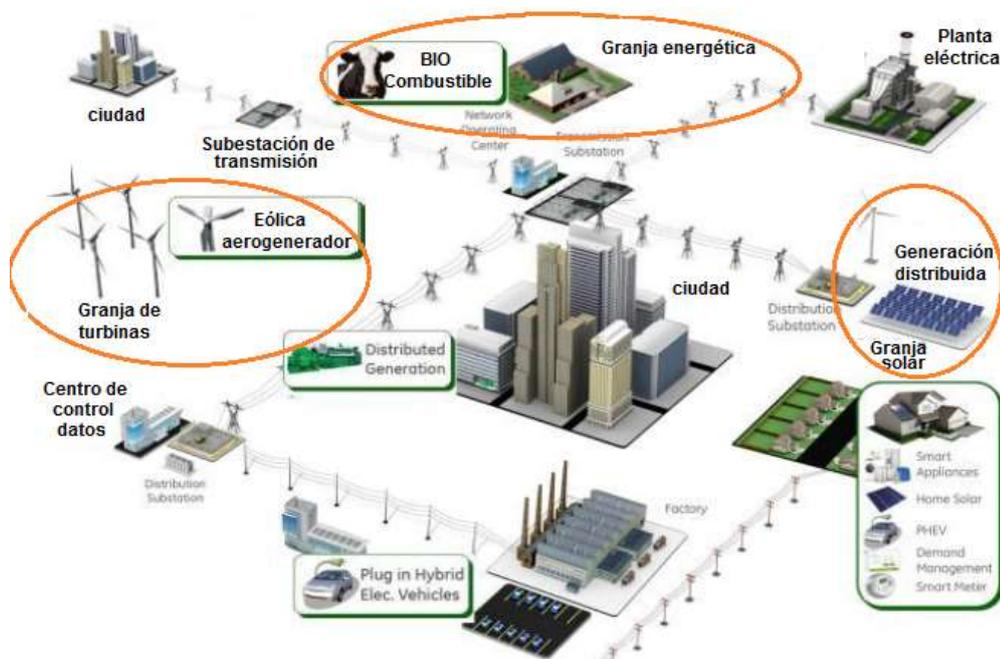


Figura 3. 10 Ejemplo de micro red en sistema de Generación Distribuida

Fuente: (Power news, 2017)

Desde el punto de vista global se comporta como una entidad controlable (carga o generador) con capacidad de proveer servicios al sistema. La Microrred tiene como antecedente las instalaciones eléctricas donde la pérdida de energía sería catastrófica (hospitales, centros comerciales, centros de datos, etc.). Al perder el suministro de la red principal en estas instalaciones, se conecta generación a base de turbinas de gas o diesel.

La diferencia principal con el concepto de Microrred es que ésta tiene la capacidad, mediante tecnologías de comunicación y cómputo, de operar de forma autónoma, ya sea aislada o en coordinación con la red de la

compañía eléctrica, así como la posibilidad de venderle a ésta sus excedentes de energía (Velázquez, 2010).

Como fuentes de energía para GD, se tiene a las siguientes:

- Cogeneración.
- Turbina de gas
- Motores de combustión interna.
- Microturbinas.
- Sistemas fotovoltaicos.
- Turbinas eólicas
- Turbina hidráulica
- CHP (Combined Heat and Power)
- Celdas de hidrógeno y de combustible

3.3.1.2 Sistemas de almacenamiento de energía (ESS)

Las principales tecnologías usadas para almacenar energía son:

Baterías. - Alcanzan valores de densidad de 60 a 150 Wh/kg, las de zinc-aire con valores de 80 a 100 Wh/kg y las de flujo (redox) o pilas de combustible regenerativas, que son las de zinc-bromocloro y las de bromuro de sodio-polisulfuro de sodio

Volantes de inercia o volantes motor.- Almacenan energía en forma de energía cinética. Existen volantes de baja velocidad (7,000 rpm) y de acero de alta resistencia, que acumulan 55 Wh/kg. Los volantes avanzados son de fibra de alta resistencia y baja densidad; giran a alta velocidad (más de 50,000 rpm), llegando a valores de hasta 350 Wh/kg.

Bobinas superconductoras o SMES.- la energía se almacena en forma de campo electromagnético, el cual es creado por la acción de las bobinas. Los materiales superconductores pueden ser de baja temperatura, del orden de los 4K, o de “alta” temperatura, 77K. (Lorente, 2011)

Super condensadores.- Almacenan energía en forma de campo eléctrico. Sus ventajas son la rapidez de carga, la gran ciclabilidad, la potencia, y que no contienen elementos tóxicos y no requieren de mantenimiento. Como principal desventaja se encuentra el alto coste, comparado con las baterías convencionales. Por ello, solo se han podido comercializar los supercondensadores basados en carbono, llamados de doble capa.

Almacenamiento con tecnología V2G.- “Vehicle to grid” (del vehículo a la red) se basa en vehículos eléctricos equipados con baterías que pueden utilizarse para aumentar la flexibilidad del sistema eléctrico, es decir, pueden cargarse durante los momentos de superávit de generación renovable y descargarse para inyectar electricidad en momentos pico o servicios complementarios al sistema eléctrico mientras están estacionados-

CAES (Compressed Air Energy Storage).- Almacenamiento de energía por aire comprimido. El funcionamiento de estas plantas se basa en aprovechar la energía eléctrica sobrante fuera de las horas punta, para comprimir el aire en un almacenamiento subterráneo, y más tarde utilizarlo para alimentar una turbina generadora para alimentar a la red eléctrica durante los periodos de alta demanda energética. Es un método eficiente, limpio y económico. (Lorente, 2011).

3.3.2 Gestión de la demanda (DSM).

La Gestión de la demanda generalmente es el proceso hacia la telegestión ya que la administración y el operador del sistema han visto en estas tecnologías una oportunidad inestimable para gestionar la demanda eléctrica y la eficiencia energética. No incluye cargas interrumpibles utilizadas, por ejemplo, en una situación de emergencia para el ajuste del sistema.

Esto implica el desarrollo de estrategias para la regulación local de la demanda y control de cargas mediante medición electrónica y sistemas automáticos de gestión de medidas

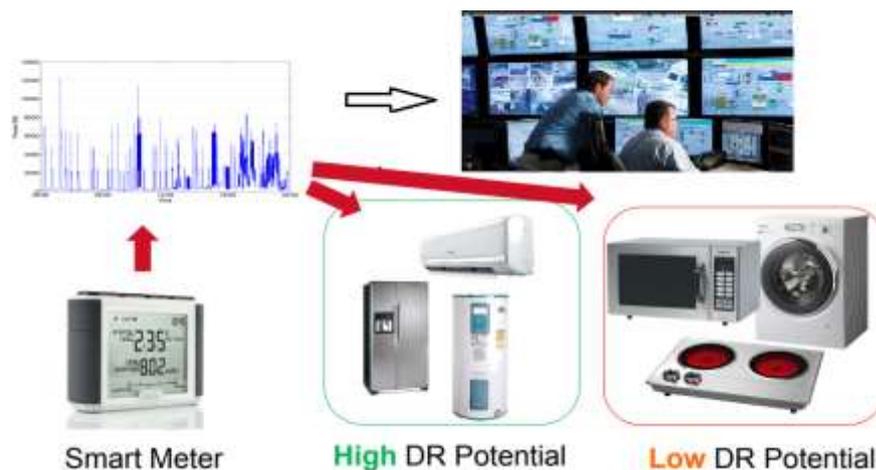


Figura 3. 11. Esquema de Gestión de demanda eléctrica

(Power news, 2017)

La gestión de la demanda puede ayudar a equilibrar el sistema eléctrico, por ejemplo, en caso de errores de previsión en la generación de energía renovable variable, pero también ofreciendo servicios complementarios como reserva rodante (conectar y desconectar aparatos eléctricos es la forma más rápida de equilibrar el sistema eléctrico en caso de una desviación de la frecuencia).

El mayor potencial de control de la demanda se encuentra en las actividades de calentamiento y refrigeración en los hogares y la industria. De hecho, los aparatos pueden operarse como dispositivos de almacenamiento térmico a corto plazo. Por ejemplo, un congelador o una instalación de almacenamiento industrial de gran volumen pueden refrigerarse varios grados más durante la mañana para evitar su funcionamiento durante las horas de menor disponibilidad de fuentes de energía renovables variables (que provocaría un precio de la electricidad elevado en un sistema eléctrico de mercado).

La gestión de la demanda no puede ser efectiva sin la participación más o menos activa del cliente/usuario. Para ello es imprescindible que éste sea plenamente consciente de la manera en que se realiza su consumo, el precio de la energía que consume y de las opciones disponibles para su

reducción, influyendo así en cuánta electricidad se usa y el momento en el que se hace.

3.4 Funciones de Smart Grid

Autocuración de eventos de perturbación de potencia

El sistema debe automatizarse, porque las velocidades de decisión se vuelven cada vez más rápidas. La administración de la red inteligente requerirá control digital, análisis automatizado de problemas y capacidades de conmutación automática más familiares para Internet.

Los operadores pueden usar la información en tiempo real proveniente de sensores incorporados y controles automatizados para anticipar, detectar y responder a los problemas del sistema para evitar o mitigar automáticamente los cortes de energía, el apagón, los problemas de calidad de energía y la colisión del sistema.

Tal sistema podría usarse para controlar interruptores electrónicos que están vinculados a múltiples subestaciones con costos variables de generación y confiabilidad.

Permitir la participación activa de los consumidores y operar con resiliencia contra los ataques

Smart Grid permite a los consumidores cambiar sus comportamientos en torno a las tarifas eléctricas variables. Incorpora el equipo y el comportamiento del consumidor en el diseño de la red, la operación y el sistema de comunicación. Los consumidores pueden controlar los dispositivos de Smart Grid en hogares o negocios.

La conexión entre los sistemas de gestión energética permite a los consumidores gestionar mejor la energía y les ayuda a acceder a los precios en tiempo real. Las comunicaciones bidireccionales en tiempo real disponibles en Smart Grid permitirán compensar a los consumidores por sus

esfuerzos para ahorrar energía y vender energía a la red a través de la medición neta.

La red inteligente puede identificar y responder mejor al ataque de hackers o a las interrupciones naturales. La información en tiempo real permite tanto a los operadores de la red como a los administradores aislar las áreas afectadas y redirigir los flujos de energía alrededor de las instalaciones dañadas.

La supervisión inteligente de las redes eléctricas puede controlar y gestionar redes inteligentes para evitar interrupciones del sistema como apagones. El WLS tradicional monitorea los errores de masa propensos débilmente (incluidos los errores de topología, errores de medición o errores de parámetros). Se necesita una nueva tecnología de monitor de estado para alcanzar los objetivos de las redes inteligentes.

Proporcionar calidad de energía y optimizar activos

Una energía más estable proporcionada por las tecnologías de red inteligente reducirá el tiempo de inactividad y evitará un costo tan elevado. Smart Grid puede optimizar los activos de capital al minimizar las operaciones y mantener costos más bajos. La optimización de los flujos de energía puede hacer un uso completo de los recursos de generación de menor costo y reducir el desperdicio.

Adaptar y habilitar nuevos productos, servicios y mercados

A medida que las redes inteligentes continúan respaldando las cargas de energía tradicionales, también interconectan de manera transparente células de combustible, micro turbinas renovables y otras tecnologías de generación distribuida a nivel local y regional. La integración de la generación de energía a pequeña escala, localizada o in situ permite a los clientes residenciales, comerciales e industriales autogenerarse y vender el exceso de energía a la red con mínimas barreras técnicas o regulatorias. Esto también mejora la confiabilidad y la calidad de la energía, reduce los costos de electricidad y ofrece más opciones para los clientes.

Los aumentos significativos en la capacidad de transmisión masiva requerirán mejoras en el manejo de la red de transmisión. Dichas mejoras tienen como objetivo crear un mercado abierto donde las fuentes de energía alternativas desde ubicaciones geográficamente distantes puedan venderse fácilmente a los clientes donde quiera que se encuentren.

3.5 Implementación de Smart Grids en Ecuador

El Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (National Institute of Standards and Technology NIST) en su documento “NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards, Release 1.0” (Marco y Plan para Estándares e Interoperabilidad de la Red Inteligente, Publicación 1.0), especifica un modelo conceptual de referencia para facilitar una guía para el marco de interoperabilidad de los sistemas de Smart Grid.

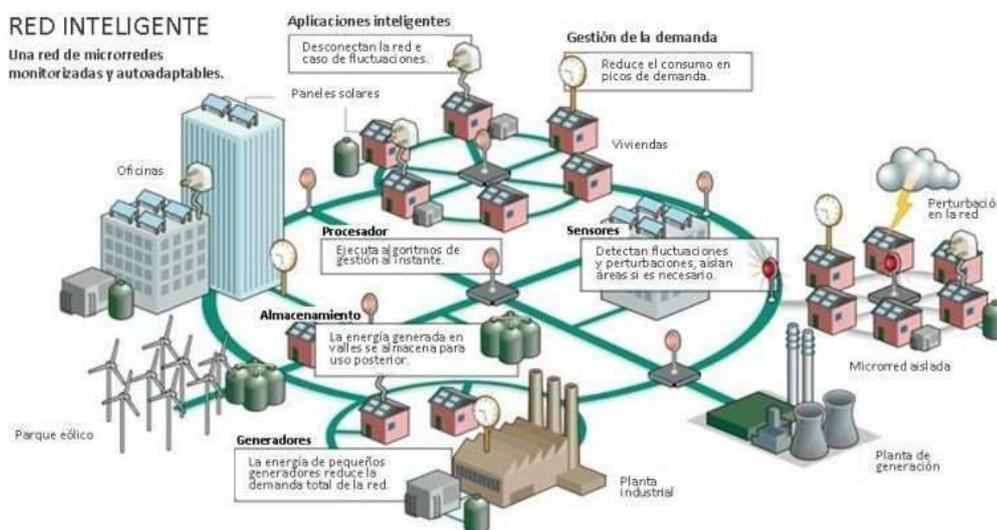


Figura 3. 12 Esquema de componentes de la red inteligente

Fuente: (CIACedo, 2017)

El Ecuador según el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) tiene en marcha varias iniciativas, entre las más importantes: el cambio y la diversificación de la matriz energética a través del desarrollo de las energías renovables.

Por consiguiente, los aspectos Generación Distribuida forma parte de la red eléctrica inteligente, y deberá estar perfectamente definida y documentada para lograr una robustez en la arquitectura.

Se recomienda los siguientes aspectos:

- Soportar una amplia gama de tecnologías actuales y futuras, siendo flexibles a evoluciones y compatibles con otras interfaces, dispositivos y aplicaciones. Con una proyección de vida útil comprendida desde los 5 a 30 años dependiendo del tipo de red
- Implementar herramientas de modelación de sistemas eléctricos y técnicas para optimizar la gestión de la información.
- Realizar procesos y procedimientos compatibles para realizar transacciones comerciales, basadas en el marco de la interoperabilidad de la Smart Grid).

Según el NIST, la integración de diversos tipos de dispositivos y usos entre diversas entidades conectadas a la red: consumidores, vehículos, edificios e instalaciones alimentadas por micro redes (fuentes renovables de energía) será fundamental aplicar estándares. Así las compañías eléctricas lograrían un retorno de la inversión en tecnologías.

El uso de una red basada en estándares con una arquitectura común permite crear un entorno de 'red' en el que los proveedores pueden abordar diferentes partes de una dificultad sin tener que abordar el sistema de comunicaciones completo.

3.5.1 Marco y plan de trabajo para la implementación de la Smart Grid

Actualmente la mayoría de empresas eléctricas y demás partes interesadas en la Red Inteligente, concuerdan en la necesidad imperiosa de establecer estándares y protocolos que faciliten la interoperabilidad de los sistemas, pues si no se toman las decisiones correctas en este tema, existe el riesgo de que las tecnologías implementadas hasta la actualidad incluyendo varios sistemas y otros dispositivos de red, queden obsoletos antes de tiempo o

funcionen sin las medidas de seguridad necesarias, lo cual implicaría grandes pérdidas económicas debido a las fuertes inversiones realizadas tanto por el sector privado como público.

También es importante resaltar que el marco de interoperabilidad implementado debe ser flexible, uniforme e independiente de la tecnología, de tal forma que facilite la compatibilidad con nuevos e innovadores sistemas, equipos y dispositivos de la REI.

3.5.1.1 Áreas prioritarias

Entre las principales áreas de la red inteligente que necesitan un enfoque inmediato para ser desarrolladas, tenemos las siguientes:

- La respuesta a la demanda (DR) y la eficiencia energética de los consumidores.
- Medios de transportación eléctrica.
- Respaldo y almacenamiento de energía.
- Red de comunicaciones.
- Infraestructura de medición avanzada (AMI).
- Seguridad cibernética.
- Gestión de la red de distribución.

3.5.1.2 Modelo de información común (CIM)

El “Common Model Information” más conocido como CIM, dado por la IEC como modelo estándar para la gestión de los sistemas eléctricos, se sustenta en información y el apoyo de datos en línea, por lo que la red ya no debe entenderse como una red física con elementos conectados mecánicamente o respetando las reglas de conectividad que garantizan su continuidad, sino en la interoperabilidad de los sistemas, la automatización de los procesos y en una plataforma tecnológica adecuada a los nuevos

conceptos, la IEC define además, un formato estándar en XML para el intercambio de información entre las aplicaciones de gestión.

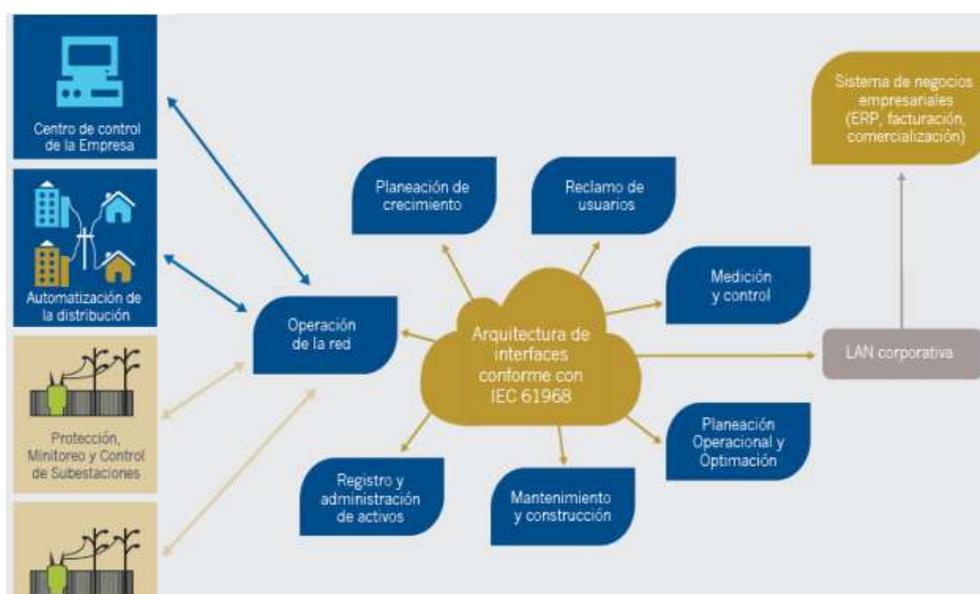


Figura 3. 13 Representación de CIM para Ecuador

Fuente: el autor

El Sistema Integrado para Distribución de Energía Eléctrica en Ecuador SIGDE impulsa la adopción del modelo CIM dentro del sector eléctrico ecuatoriano y, sobre la base de ese modelo internacional, pretende: reforzar procesos, procedimientos, información, estructuras organizacionales, sistemas y tecnología; potencializar el desarrollo del talento humano, para que, en el corto, mediano y largo plazo se pueda contar con empresas eficientes, comprometidas con el ambiente, la eficiencia energética.

La disponibilidad de la información la generan sus sistemas de gestión empresarial y sus sistemas de misión crítica como son SIG, SIC, SCADA, DMS, OMS, HIS, MDM, entre otros; lo que a su vez implica que el modelo debe orientarse a establecer la estandarización de un lenguaje común que integre todos esos sistemas críticos que sirven para mejorar la gestión de las Empresas Distribuidoras”. (CONELEC, 2011).

En el Ecuador se ha planificado realizar proyectos pilotos con nuevas tecnologías de medición en algunas empresas, con la finalidad de evaluar el

impacto y las ventajas. Se plantea como primer paso ejecutar proyectos enfocados a la reducción de pérdidas, eficiencia energética y la gestión de la operación de la red. Esto permitirá revisar la estructura, los procesos y procedimientos necesarios que den soporte a la gestión.

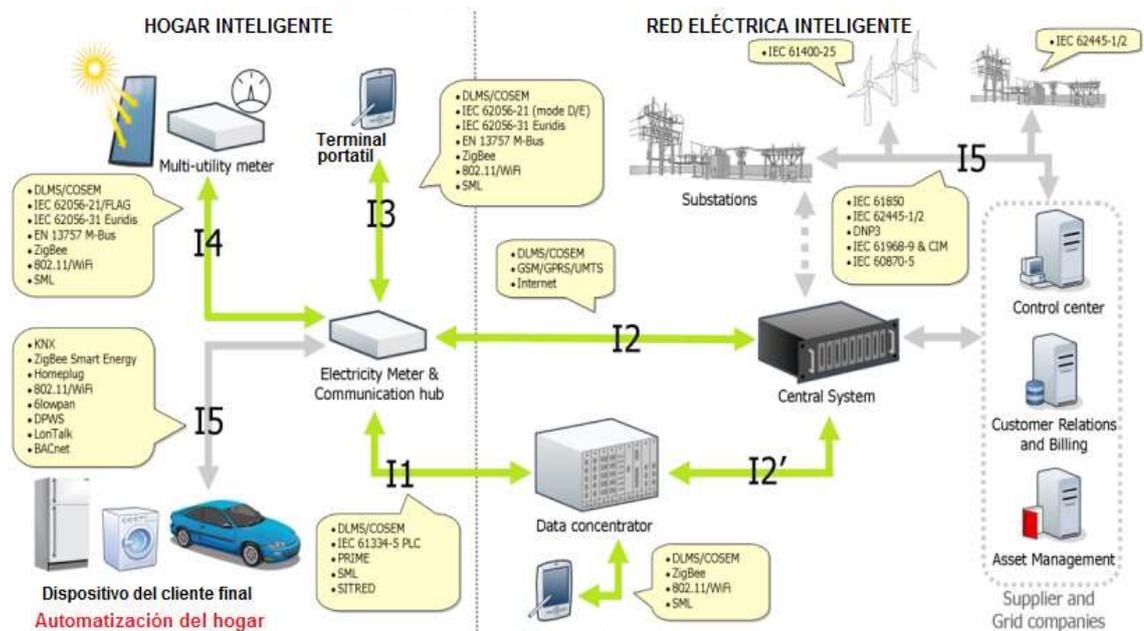


Figura 3. 14 Arquitectura AMI

Fuente: IEC D.10

3.6 Contador Inteligente o Smart Meter

Es el equipo terminal de una infraestructura de medición avanzada (AMI), que tiene las siguientes características: control de energía mediante ICP programable que establece el límite de consumo, un puerto HAN (*Home Área Network*) y servicios de tarificación bajo demanda. Su estructura general contiene elementos principales como son el sistema de medida, la memoria y el dispositivo de información principal, que hasta ahora solo era el sistema de comunicaciones.

Las funcionalidades de los contadores, implica registrar las magnitudes tales como consumo y generación de energía activa, reactiva, así como de potencia, con sus respectivos parámetros de calidad (interrupciones y

variaciones de tensión). Véase en la figura 3.14 un medidor inteligente y sus características técnicas principales.

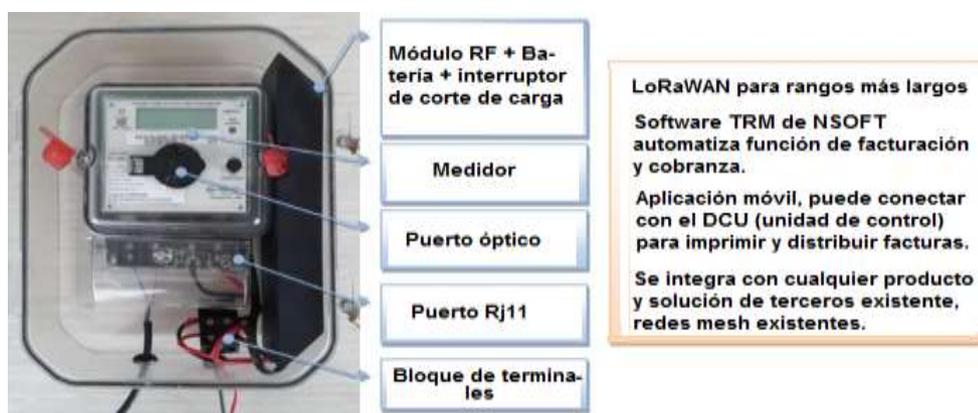


Figura 3. 15 Medidor inteligente IS 16444

Fuente: Traducido a partir de (Servicios N-Soft, 2018)

Ya se emplean en nuestro país un moderno sistema de lectura de medidores, en el cual la compañía de distribución eléctrica envía un vehículo que circula por un vecindario obteniendo de forma muy rápida las medidas de todas las viviendas gracias a un sistema de comunicación inalámbrico.

Posterior a los equipos de medición AMR, se encuentran los AMI (Advanced Meter Infrastructure), que pueden considerarse una ampliación de los AMR, estos equipos permiten la lectura del consumo “a la carta” de la energía acumulada o de la potencia instantánea, admiten opciones de precios diferenciados y registros de la demanda, o programación de intervalos de “carga” previamente acordados con cada cliente.

Un esquema de estructura AMI, se muestra en la figura 3.16 la estructura de medición avanzada para la red eléctrica y en la 3.17 la arquitectura y sus estándares para comunicación.

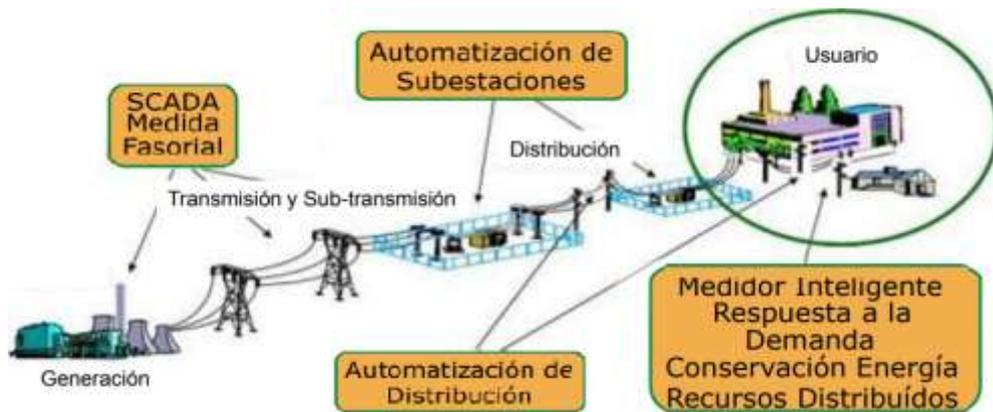


Figura 3. 16 Estructura general de Medición Avanzada de la red eléctrica

Fuente: (CIAcedo, 2017)

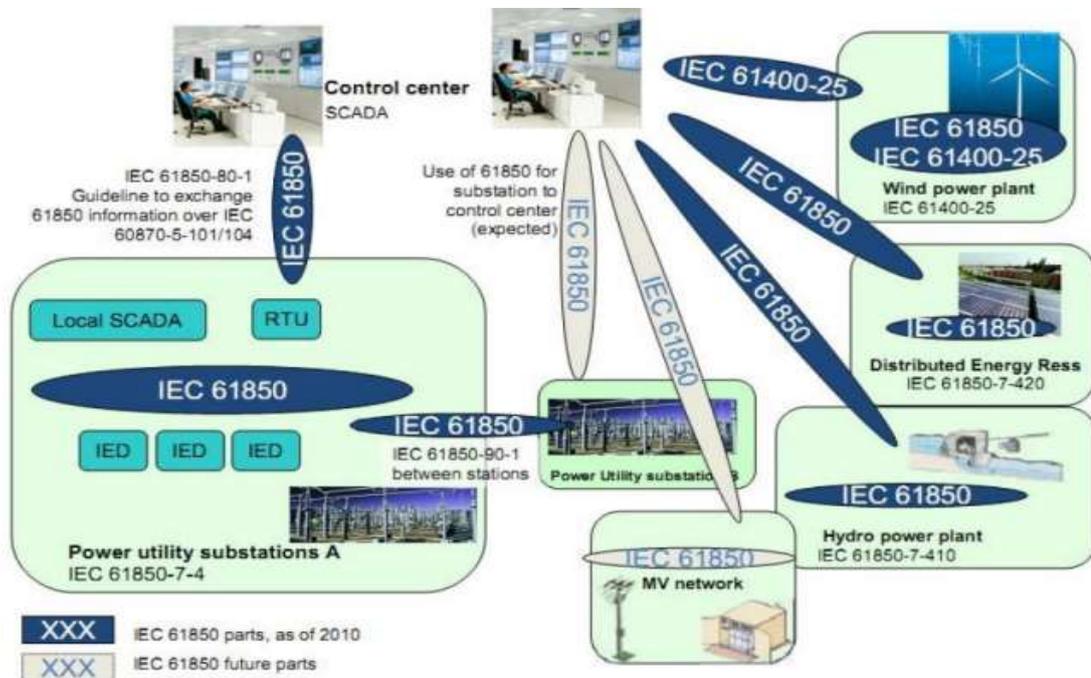


Figura 3. 17 Arquitectura y estándares para comunicación avanzada

Fuente: (IEC, 2015)

A través del centro de gestión, los medidores inteligentes suministran la información y el control de los parámetros de calidad y programación del servicio junto con la actualización del software de medición de forma telemática. Contempla la comunicación ampliada en red con el gestor y Home Área Network (HAN) con los equipos locales de consumo. Inicialmente, la implantación de sistemas AMR se llevó a cabo con el

propósito de eliminar la lectura manual, reduciendo así los costes de mano de obra en la lectura de los datos energéticos.

Los sistemas AMR facilitan la tarificación en tiempo real para promover la eficiencia energética, detección inmediata de fallos en el sistema y datos más avanzados y precisos del usuario para formar su perfil de consumo.

La tabla 3.2 muestra las empresas eléctricas que tiene instalado el sistema de medición AMI/AMR.

Tabla 3. 2 Empresas eléctricas con medidores inteligentes en Ecuador hasta 2014

EMPRESAS	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Centrosur	No posee	AMI-AMR Compatible IEC				
Quito	No posee	AMI-AMR Compatible IEC				
CATEG-D	No posee	AMI-AMR Compatible IEC				
El Oro	No posee	AMI-AMR Compatible IEC				
Guayas Los Ríos	No posee	AMI-AMR Compatible IEC				
Milagro	No posee	AMI-AMR Compatible IEC				
Manabí	No posee	AMI-AMR Compatible IEC				
Sur	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC	AMI-AMR Compatible IEC	AMI-AMR Compatible IEC	AMI-AMR Compatible IEC
Azogues	No posee	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC	AMI-AMR Compatible IEC	AMI-AMR Compatible IEC
Santo Domingo	No posee	No posee	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC	AMI-AMR Compatible IEC
Ambato	No posee	No posee	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC	AMI-AMR Compatible IEC
Esmeraldas	No posee	No posee	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC	AMI-AMR Compatible IEC
Norte	No posee	No posee	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC	AMI-AMR Compatible IEC
Sta. Elena	No posee	No posee	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC	AMI-AMR Compatible IEC
Los Ríos	No posee	No posee	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC	AMI-AMR Compatible IEC
Bolívar	No posee	No posee	No posee	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC
Cotopaxi	No posee	No posee	No posee	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC
Riobamba	No posee	No posee	No posee	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC
Galápagos	No posee	No posee	No posee	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC
Sucumbíos	No posee	No posee	No posee	No posee	No posee	AMI-AMR Compatible IEC

NOTA: CONELEC, 2015

Cuando la situación lo amerite o el servicio así lo requiera, los sistemas AMR se sustituyen por AMI. Los sistemas de medida AMI se pueden implementar mediante tecnologías desde satélites hasta equipos de radio.

En la actualidad la radiofrecuencia y PLC (Power Line Carrier) son los sistemas de comunicación que destacan sobre el resto. La mayor ventaja de los sistemas PLC es que las compañías eléctricas ya no tienen que depender de un proveedor de telecomunicaciones externo.

La automatización del hogar juega un papel protagónico en el desarrollo de la red eléctrica inteligente, se está promoviendo el uso e instalación de sistemas de control y automatización en el hogar orientados a aumentar el rendimiento de la energía, la disminución de las pérdidas energéticas.

3.6.1 Norma ANSI C12.19

A medida que la red eléctrica inteligente requiere interoperabilidad entre medidores y muchas otras aplicaciones y servicios, la existencia de formas específicas de representación de los datos correspondientes a un solo actor, es un problema que requiere "Gateways" complejos para traducir esta representación en formatos alternativos para el intercambio de información. Para ello la NIST ha determinado la norma ANSI C12.19 como modelo de dispositivo final (medidor) de datos desde y hacia un formulario común que permita la semántica de los modelos de este dispositivo en otras normas sean más fácilmente armonizadas.

3.6.1.1 Modelos de medidores en Ecuador

Según avances del Plan de Acción Prioritaria (PAP) que tienen los organismos/instituciones del sector eléctrico ecuatoriano el PAP-06 ejecuta la norma ANSI C12.19 para constituir un estándar de medición de datos y criterios de operación a ser transportados en forma bidireccional a esos dispositivos en grupos definidos de información denominado "Tablas". Un gran número de cuadros se apoyan para permitir la representación de datos en numerosos formatos para elementos "estándar" o comunes, así como datos específicos del fabricante.

Los medidores para redes eléctricas inteligentes para el país cumplen normas ANSI C12.19, DLMS/COSEM/IEC 62056, IEC 61968 CIM e IEC 61850.

3.6.1.2 Información estándar sobre el uso de energía

El PAP10: señala que una información normalizada permite tomar mejores decisiones sobre el uso de energía y la conservación, favoreciendo a los clientes con información oportuna, por cuanto permite a los clientes y otras entidades autorizadas para acceder a información vital con facilidad y rapidez, y por lo tanto ser capaces de tomar decisiones sobre la base de esa información.

Este plan de acción deberá dar lugar a estándares de datos para el intercambio de información detallada y oportuna sobre el uso de energía. Los clientes y entidades autorizadas en terceros proveedores de servicios utilizarán estas normas para acceder a la información de consumo de energía de la red eléctrica inteligente, a su vez, los consumidores y sistemas locales basados en estos estándares a utilizar, proporcionarán información en tiempo real sobre el desempeño actual y proyectado. Utilizando la infraestructura de red inteligente, esta información será compartida con la instalación: una casa, un edificio o instalación industrial.

Dos vías de flujo de la información mejorarán la colaboración y así la eficiencia energética.

Capítulo IV:

Análisis al futuro de la Industria 4.0

La industria inteligente 4.0 tiene un futuro prometedor en el sector de la industria, cada vez son más las mejoras aplicadas en este campo, esto producirá cambios importantes en cuanto a los empleos necesarios en las nuevas fábricas inteligentes, algunos de los más importantes son:

- ✓ Control de calidad y análisis de datos
- ✓ Producción asistida por robots
- ✓ Auto-conducción logística de vehículos
- ✓ Mantenimiento predictivo de las máquinas

4.1 Análisis de tecnologías para Industria 4.0

Las tecnologías involucradas pueden ser muy costosas de implementar para las empresas, lo que ha creado una barrera para la adopción de muchas empresas. Dado que la fabricación inteligente implica el uso de diversas tecnologías, a menudo proporcionadas por empresas independientes, estas soluciones dispares también deben ser capaces de comunicarse e interoperar entre sí de manera ininterrumpida y segura.

Dado que muchos países del mundo occidental ven una mayor competencia de fabricantes de bajo costo en mercados emergentes, particularmente India y China, se han establecido varias iniciativas gubernamentales para ayudar a desarrollar tecnologías de fabricación inteligente y facilitar su implementación, lo que puede ayudar a las empresas de países desarrollados a mejorar su competitividad e innovación.

En la figura 4.1 se sintetiza las tecnologías o plataformas con sus actores para la Industria 4.0.

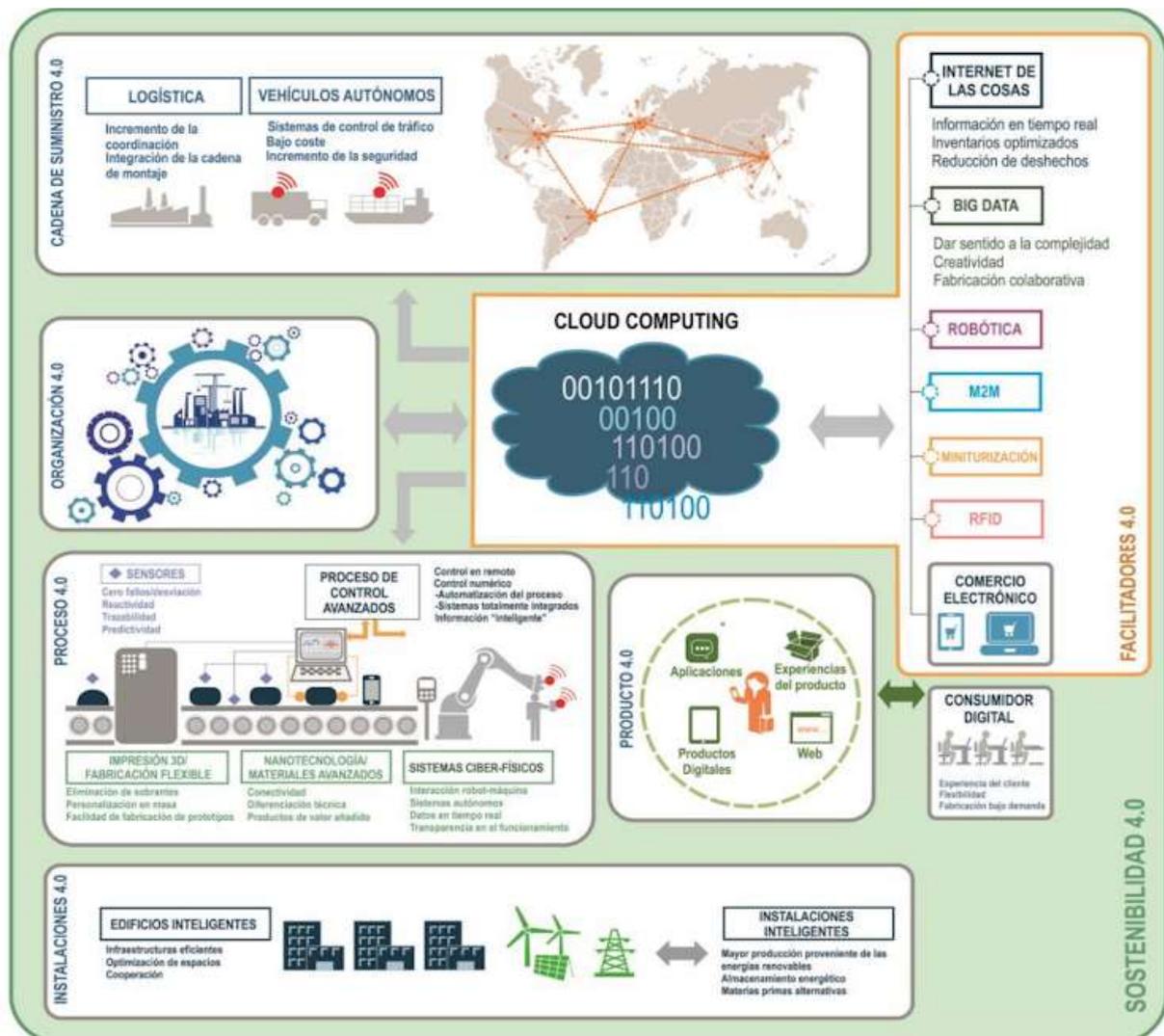


Figura 4. 1 Esquema Resumido de Industria 4.0

Fuente: (De Val, 2017)

Cabe indicar que para el despliegue de la Industria 4.0 para un país como Ecuador, debería contar con infraestructura de telecomunicaciones de avanzada (banda ancha), este aspecto es vital para la digitalización de información, procesos, servicios etc.

De la figura 4.1 se representa el uso del almacenamiento de grandes volúmenes de datos apoyado en la 'nube' o cloud computing que emplea centros de datos modernos y avanzados. De esta manera una empresa, o fabrica tendrá como facilitadores 4.0; sensores diversos y avanzados con capacidad de decisión, la robótica, comunicaciones M2M, Big Data entre

otros aspectos más. Estos elementos e infraestructura colaboran con la optimización de la cadena de suministro (Innovación tecnológica de la logística, uso de vehículos autónomos etc.), en otras palabras, implica:

- Insumos: Adquisición de materias primas y componentes (procesos de compra y gestión de cadena de aprovisionamiento y logística).
- Procesamiento: Plataformas y dispositivos para la automatización que emplean la industria.
- Distribución: Entrega y venta (incluye logística).

Del lado de la fabricación 4.0 esta se apoya en control y monitoreo del proceso en tiempo real mejorando la productividad, así mismo se apoya en elementos e infraestructura detallado anteriormente. Pero contando con edificios y consumos energéticos inteligentes, con este logra reducir costos y producir de forma flexible, pues con procesos robotizados estos pueden procesar un producto o transformación de materia prima en horas en que la energía puede tener costo menos por consumo.

El flujo de información sigue el mismo camino que en la industria tradicional, con las plataformas tecnológicas ahora el flujo de información irá en todas direcciones. Esto permite que los datos estén disponibles para cualquier persona que lo necesite en cualquier momento manteniendo aspectos de sostenibilidad 4.0.

El objetivo desde un punto de vista industrial de IoT es alcanzar servicios interconectados, según los expertos debe basarse en los siguientes principios básicos de diseño:

- Interoperabilidad: la Industria 4.0 ofrecerá la capacidad de interconexión de todos sus elementos, materiales y humanos, mediante el uso de IoT y sus servicios.
- Virtualización: la fábrica inteligente ha de tener una copia virtual mostrando toda la información de sensores y sistemas, además de modelos de simulación.

- Descentralización: dado que los objetos conectados en las fábricas inteligentes deberán tener capacidades de decisión autónoma.
- Capacidades de tiempo real: mediante la captura de datos, su análisis y toma de decisiones en tiempo real, incorporando la inteligencia de negocio necesaria.
- Orientación al servicio: mediante la capacidad de ofrecer un catálogo de servicios que permita la interacción y la creación de nuevas aplicaciones y, por ende, mayor valor añadido.
- Modularidad: con la flexibilidad máxima en la fábrica inteligente para la adición, sustracción o sustitución de cualquiera de sus elementos.

El uso de estos principios básicos permitirá a la industria del futuro personalizar la fabricación sin dejar atrás la producción en masa, posibilitando de manera automática también el diagnóstico, el ajuste y la optimización de los procesos, siendo también clave para asistir a los trabajadores en la mejora de sus condiciones laborales y en la realización de su actividad.

La Industria 4.0 debe abarcar todos los procesos de la cadena de suministro, desde los proveedores hasta los clientes, y no solo los procesos de producción que ejecutamos desde adentro. Entonces, una máquina de una empresa podría tener un "diálogo" con una persona de uno de sus proveedores porque una "cosa" de uno de sus clientes ha publicado datos, y todo esto sucede en un instante. Para lograr esto, será necesario transmitir el 'know-how' a través del software.

Habrá que adaptarse a los nuevos requisitos establecidos por los clientes 4.0, que es contar con productos y servicios de la más alta calidad al menor costo posible, con un alto grado de personalización que se puede obtener de inmediato, desde cualquier lugar y con valor adicional.

4.2 Análisis de metodología para Industria 4.0

Para una industria u organización comercial se pueden optar por algunas propuestas metodológicas para su implementación, a continuación, en la figura 4.2 metodologías formulada por Roland Berger y Capgemini (manifestada por Berchot). Ambas metodologías tienen procesos similares y bien puede utilizarse cualquiera de las metodologías.

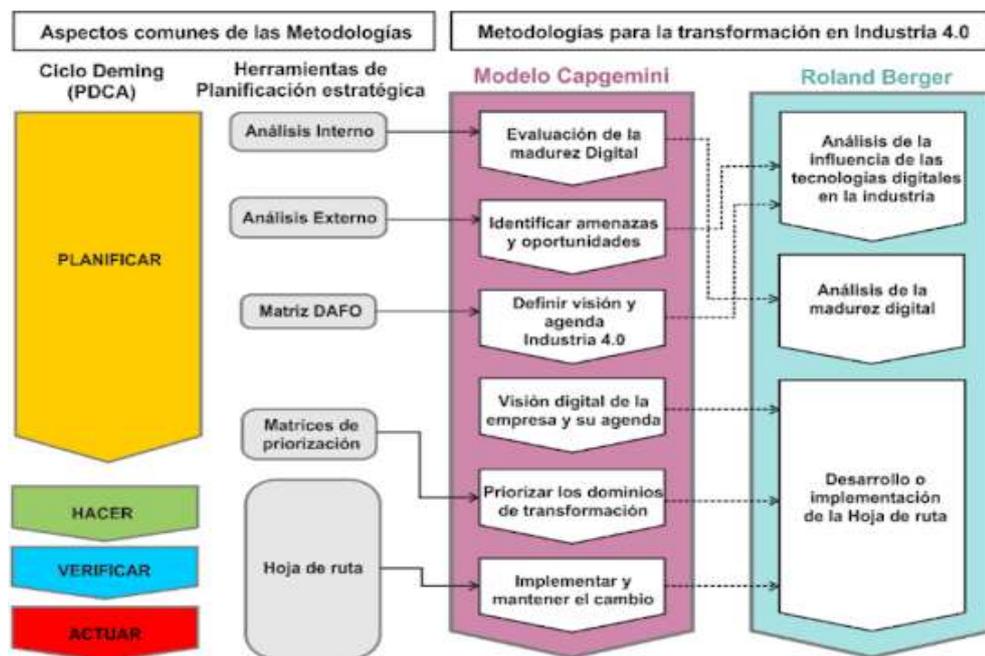


Figura 4. 2 Metodología para la Industria 4.0

Fuente: (Martinez, Avila, Luque, & Aguayo, 2017)

De la figura 4.2 se indica que para cada modelo se recomienda emplear los 4 pasos del ciclo Deming o espiral de mejora continua (estrategia de mejora continua de la calidad), concepto creado por Walter Shewhart.

Los objetos conectados (lot) van a cambiar los modelos de negocio de las industrias tradicionales. La innovación disruptiva precisa de nuevos métodos para desarrollar innovadores negocios. Se pronostica la aparición de nuevos ecosistemas y estos aportarán con:

- Nuevas relaciones entre socios
- Nuevas oportunidades de negocio

- Nuevos clientes, mercados y fuentes de ingresos

4.2.1 Pilares de la Organización 4.0

Los elementos o pilares para la industria, empresa u organización 4.0 serán: La tecnología, las personas y la organización para el ejercicio de digitalización. Este entorno puede envolver cuatro áreas: Innovación, Fabricación, Cadena de suministro y Mercado. Véase la figura 4.3



Figura 4. 3 Pilares de la organización 4.0

Fuente: el autor

En la tabla 4.2 se resume análisis de estrategias para cada área de la figura 4.3 y a su vez se puede establecer criterios de análisis para cada área.

Tabla 4. 1 Análisis de áreas de organización 4.0

ÁREAS DE ANÁLISIS	CRITERIOS DE ANÁLISIS
Innovación 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • Productos • Servicios • Procesos
Fabricación 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de operación • Gestión y utilización de activos
Cadena de suministro 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de proveedores • Gestión de inventarios • Transporte y Distribución
Mercado 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • Información hacia el mercado • Información desde el mercado • Análisis de la información

Nota: el autor

A continuación, se muestra un resumen como aportación de la Industria 4.0 desde lo que comprende dispositivos y aplicaciones (tabla 4.2). En la tabla 4.3 el soporte y arquitectura tecnológica de la Industria 4.0

Tabla 4. 2 Resumen Industria 4.0 según dispositivos y aplicaciones

Dispositivos	Sistemas ciberfísicos (CPS)		Sistemas con capacidades físicas y de cómputo integradas, que pueden interactuar con humanos a través de diversos medios; permiten acceder a los datos y servicios disponibles en la web; monitorean y controlan los procesos físicos y hacen las conexiones entre el mundo real y virtual con el internet de los servicios y la fábrica inteligente.
	Internet de las cosas (IoT)		Red de trabajo que permite agregar radiofrecuencia y otras "cosas y objetos", como, sensores, teléfonos móviles, CPS, etc., a través de esquemas de direccionamiento para que los dispositivos y sistemas interactúen y cooperen entre sí y con otros.
	Internet de los servicios (IoS)		Infraestructura para la distribución de las actividades de valor agregado, servicios y modelos de negocio que son ofrecidos y pueden ser accedidos por diversos medios vía internet.
Aplicaciones	Máquinas inteligentes		Máquinas con mecanismos de aprendizaje capaces de interactuar con su medio ambiente de forma autónoma, para aprender de él y ajustarse al mismo.
	Fábricas inteligentes		Fábricas conscientes del contexto, basadas en CPS y el IoT, con altos niveles de automatización y optimización para asistir a la gente y máquinas en la ejecución de las diversas tareas relacionadas con la manufactura.
	Productos inteligentes		Productos integrados con IT en la forma de microchips, software y sensores capaces de coleccionar datos, hacer cálculos, almacenar datos, comunicarse e interactuar con su ambiente.
	Ciudades inteligentes		Ciudades que comprenden en su política de desarrollo economía, movilidad, medio ambiente, gente, vida y gobernanza inteligentes apoyados en el internet, las redes inalámbricas y de telecomunicaciones, los sensores y el IoT

Servicios inteligentes		<p>Servicios integrados en IoT que pueden ser proporcionados por dispositivos inteligentes, asociados a computadoras que incluyen funciones de conveniencia, así como capacidades de procesamiento y almacenamiento.</p>
------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nota: el autor

Tabla 4. 3 Soporte y arquitectura tecnológica de la Industria 4.0

Fábricas inteligentes	Productos inteligentes	Servicios inteligentes
Artefactos tecnológicos integrados		
 <p>Sensores, microchips, sistemas autónomos, sistemas ciberfísicos, máquinas autónomas</p>		
Características		
 <p>Inteligencia, Conectividad, Confiabilidad, Movilidad, Sociabilidad, Sustentabilidad</p> <p>Flexibilidad, Seguridad, Trazabilidad, Colaboración</p>		
Principios de diseño		
 <p>Integración, Virtualización, Capacidades de tiempo real, Orientación al servicio, Modularidad</p> <p>Interoperabilidad, Descentralización</p>		
Arquitectura de Soporte		
 <p>Identificación por radiofrecuencia (RFID), Redes Industriales, Cómputo de alto desempeño (HPC), Plataformas tecnológicas (PaaS) y software (SaaS) como servicio, Big Data y analítica avanzada</p>		
Beneficios		
<p>Producción orientada a demanda, uso más eficiente de los recursos, productividad, reducción de costos, ciclo de desarrollo de productos más cortos, mayor competitividad, optimización de los procesos, autonomía en la toma de decisiones y cadenas de suministro más integradas.</p>		

Nota: el autor

En relación con la energía, la innovación a su alrededor va a propiciar el cambio tecnológico principalmente a través de las nuevas formas de generación y gestión de la demanda.

4.3 Análisis de Smart Grid

En el Sistema Nacional Interconectado a mediano plazo, cuenta con el ingreso del sistema de transmisión El Inga – Tisaleo - Chorrillos de 500 kV, las centrales hidroeléctricas Minas San Francisco, Delsitanisagua y Toachi Pilatón, entre otras más, además de la operación de Coca Codo Sinclair con 1.500 MW y de la central Sopladora con 487 MW, la topología y las condiciones de operación actuales del Sistema Nacional Interconectado S.N.I. conlleva que la operación del Sistema de Protección Sistémica – SPS para el SNI, sea de vital importancia para el Ecuador. Ya que permanentemente evalúa la situación de operación de los elementos del sistema de transmisión de ocho contingencias dobles críticas probables en el anillo troncal de 230 kV, y para cada una de estas, en caso de ocurrencia, ejecuta acciones de mitigación previamente definidas, calculadas e implantadas.

Hoy en día, el país avanza gradualmente de acuerdo a necesidades de ruta por alcanzar la Smart Grid, se implementan etapas de automatización que integran tecnologías GIS y AMI, solamente en la etapa de distribución que por años ha sido el sitio donde concurren mayores dificultades. Así el CONELEC diseña reformas (normativas) y procedimientos para establecer la bidireccionalidad cuando se presente el caso que un usuario genere energía limpia y pueda revertir el excedente del mismo. Otro desarrollo lo forja el Centro Nacional de Control de Energía que tiene en estos momentos su esfuerzo centrado a la implementación de PMU's (Síncrono fasores) para mostrar la tensión y corriente en los trayectos precisos con un muestreo de 30 veces por segundo aproximadamente y contribuirán con información acerca del régimen permanente, estos equipos aportarán datos del régimen

transitorio de la red eléctrica, como sobrecargas para tomar decisiones con un tiempo prudencial y así evitar apagones.

Sin lugar a dudas. La red inteligente traerá muchos beneficios a la economía de energía de Ecuador, incluidos eficiencia de electricidad y combinación del almacenamiento a la vez que se reduce su necesidad, una integración natural de los productores descentralizados, en particular de las fuentes de energía renovables, la planificación eficiente del consumo de energía para reducir los costos del consumidor y la seguridad del suministro.

La red permitirá la medición y el monitoreo, la gestión del consumo y muchos otros beneficios, el más importante de los cuales es la reducción del consumo total y la explotación inteligente de los recursos energéticos. Las aplicaciones y servicios esperados a corto plazo se encuentran principalmente en el campo de la optimización, los recursos y el suministro de información a los consumidores; sin embargo, actualmente es difícil imaginar toda la gama de innovaciones relacionadas que se desarrollarán, tal como sucedió después de la creación de la red de Internet.

La red inteligente no tiene que estar basada en una estructura jerárquica que caracterice la grilla convencional de "del fabricante al consumidor". Es razonable esperar que sea una estructura matricial basada en clusters interconectados, cada uno en sí mismo constituye una red inteligente para sus propios productores y consumidores, similar a las redes de comunicación o Internet.

Por ejemplo, la red inteligente podría estar a nivel de la ciudad, integrada en una red nacional, o en el nivel de la planta, integrada en la red urbana.

La transferencia, comunicación y control de datos: requieren un protocolo universal para la comunicación y la administración de la red, el equipo de comunicaciones, el control de la medición y el consumo.

Una empresa que vaya a iniciar un proceso de modernización con el fin de alcanzar los estándares internacionales de las Redes Inteligentes, debe

construir unos lineamientos de desarrollo con base en los siguientes aspectos:

- Incrementar el uso de tecnologías digitales de control e información
- Optimizar los recursos y las operaciones de la red usando seguridad informática
- Implementar e integrar sistemas de generación distribuida, incluyendo fuentes renovables.
- Incorporar la demanda en la toma de decisiones para incrementar la eficiencia energética
- Implementar tecnologías “inteligentes” para medición, control y comunicaciones de la red, para la supervisión, operación y automatización de la distribución.
- Integrar equipos y dispositivos de consumo “inteligentes”
- Implementar e integrar tecnologías de almacenamiento de electricidad, integrar las nuevas tecnologías a los usuarios
- Entregar a los usuarios información oportuna y opciones de control.
- Desarrollar estándares de comunicación e interoperabilidad de los equipos y sistemas conectados a la red eléctrica

El Ecuador muestra un incremento de generación distribuida pero no a nivel de usuarios o clientes, sino a través de generadores públicos y privados con la implementación de esta red ahora los usuarios no sólo consumen, sino que también producen electricidad a través de la misma red.

4.3.1 Barreras para su implementación

La Ley Orgánica de Servicio Público de Energía Eléctrica no define con claridad los aspectos, para que pequeños emprendimientos de microgeneración (personas naturales), conectados a las redes de distribución (baja tensión), puedan producir energía para el consumo propio y los excedentes para la comercialización a través de la red eléctrica.

En Ecuador no se dispone de un marco jurídico que incentive la participación de la mini y micro generación distribuida con energías renovables no convencionales. Debería existir algún tipo de estímulo para este segmento de micro generación

Entre los incentivos deberá considerarse la eliminación de aranceles en la importación de los equipos, precios preferenciales en la venta de energía a las empresas eléctricas distribuidoras y facilidad para la interconexión a las redes de distribución.

Además existen varias dificultades en la implementación de las nuevas tecnologías como son:

- Inexistencia de una planificación estatal a largo plazo con la asignación presupuestaria correspondiente.
- Implementación del nuevo modelo involucra una planificación que puede llevar varios años con la posibilidad de que aparezcan nuevos modelos tecnológicos de gestión que obliguen a reorientar los estudios.
- Otro de los problemas a resolver es el cambio del marco regulatorio y organizacional. La compatibilidad de los sistemas los mismos que actualmente difieren siendo uno de los obstáculos para la integración de los sistemas.
- Escasa modernización e inversión en sistemas de monitoreo y automatización del sistema eléctrico.

Conclusiones

La Industria 4.0 está en medio de una transformación digital acelerada, debido desarrollo actual de tecnologías (Hardware–Software). Por esa razón la “Transformación Digital” no solo se trata de las mejoras dentro del área de producción sino también fuera de la planta.

Con la Industria 4.0 y los sistemas ciberfísicos, los robots pasarán al modo de espera de forma rutinaria durante cortos descansos de producción y se apagarán durante los descansos más largos. Los motores con control de velocidad que reducen la energía requerida para operar máquinas serán generalizados. Dichos cambios reducirán significativamente el consumo de energía y se tomarán en cuenta como parte de las prácticas de diseño de Smart Factory.

La combinación de sistemas integrados y computadoras en el sistema de producción se conectará a través de Internet y aplicaciones inteligentes. Estas computadoras integradas controlarán las máquinas con la ayuda de varios sensores conectados a los procesos.

Los sensores detectarán los cambios en los parámetros del proceso y enviarán datos a la máquina. La máquina se conectará con otras máquinas, lo que proporcionará un control de retroalimentación al sistema de producción y los datos se enviarán desde la máquina a las redes informáticas integradas.

El desarrollo y la implementación de una red inteligente o Smart Grid para el suministro de energía es uno de los problemas urgentes en la economía energética moderna, dada la alta prioridad nacional y las enormes inversiones, aunque todo el tema todavía está en su etapa inicial.

La red inteligente suministra electricidad de los productores a los consumidores que usan tecnología digital bidireccional y permite el control de los electrodomésticos en las casas de los consumidores y de las

máquinas en las fábricas para ahorrar energía, al tiempo que reduce los costos y aumenta la confiabilidad y transparencia.

Los medidores inteligentes son parte de la red inteligente, pero no constituyen una red inteligente. Una red inteligente incluye un sistema de monitoreo inteligente que realiza un seguimiento de toda la electricidad que fluye en el sistema.

La red inteligente en las horas pico puede, en coordinación con el cliente, desactivar la selección electrodomésticos y máquinas para reducir la demanda.

En el futuro, Smart Grid beneficiará a la economía, el medioambiente, la seguridad nacional y las personas.

La red eléctrica nacional alentará el crecimiento económico al atraer capital para apoyar el desarrollo de infraestructura y la inversión en nuevas fábricas y negocios para clientes de electricidad.

Recomendaciones

Como parte de la política, se deben definir los beneficios deseados, y luego se debe determinar el modelo comercial, así como los procesos y la tecnología de los cuales se derivarán los costos esperados y el valor agregado esperado.

La implementación de la red inteligente debe comenzar desde el lado del consumidor. Esto es útil y práctico ya que la infraestructura básica es simple y ya existe.

La medición inteligente debe instalarse en todo el país dado que sus beneficios han sido probados y constituye una infraestructura esencial para la red inteligente.

Se deben establecer estándares, con coordinación internacional, para los componentes de la red inteligente, como los medidores inteligentes. Se requiere un protocolo de comunicación universal para comunicaciones y administración de redes, equipos de comunicaciones, medición y control de consumo.

El personal debe estar capacitado para operar la red inteligente. El perfil requerido es una combinación de ingenieros de energía y telecomunicaciones.

La red inteligente debe diseñarse con la flexibilidad adecuada para poder absorber la máxima electricidad producida a partir de la energía solar y eólica.

Se recomienda actuar principalmente a través de cooperación internacional, a fin de maximizar las ventajas relativas de países en diversos campos, y lograr los máximos beneficios a un bajo costo posible.

Proveer electricidad confiable y disponible, de muy alta calidad y a precios razonables, se recomienda dar prioridad a estos consumidores industriales.

Se recomienda desarrollar sistemas seguros contra ataques físicos y cibernéticos, detección más rápida de fallas y sistemas de restauración rápida mejorará la seguridad de la red eléctrica.

Referencias Bibliográficas

- BBC Mundo. (2015). *Por qué la economía china es en realidad mucho más grande de lo que se calculaba*. Obtenido de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/10/151026_china_economia_grande_mas_grande_mr
- Blog Revolución Industrial. (2007). *Revolución Industrial*. Obtenido de <http://industrial-revol.blogspot.com/2007/12/>
- CIAcado, E. (2017). *El Talento Humano, las TICs y las Info-Comunicaciones en una Empresa Eléctrica*. Obtenido de <http://www.cecacier.org/docs/evento1/el-talento-humano-las-tics-y-las-info.pdf>
- Calderone, L. (2016). *Collaborative robot working in manufacturing*. Obtenido de <https://www.manufacturingtomorrow.com/article/2016/02/collaborative-robots-working-in-manufacturing/7672/>
- Castro, M. (2017). *Internet de las Cosas: Bases Generales - Aplicaciones*. Obtenido de *Sistemas Electrónicos Inteligentes*: <file:///C:/Users/hp1/Downloads/internetofthingsv3-150702184807-lva1-app6892.pdf>
- CENIT . (2011). *Introducción a la Generación Distribuida. Endesa, Isotrol*. Obtenido de https://www.endesa.com/pdf/1_introduccion_a_la_generacion_distribuida.pdf
- CISCO. (2017). *Reporte Semestral de Seguridad*. Obtenido de https://www.cisco.com/c/dam/global/es_mx/solutions/pdf/cisco-reporte-semestral-2017-espanol.pdf
- El Androide Libre. (2015). *Google "Brillo": el futuro sistema basado en Android para el Internet de las Cosas*. Obtenido de

<https://elandroidelibre.lespanol.com/2015/05/google-brillo-android-para-el-internet-de-las-cosas.html>

FEDIT. (2011). *SMART GRIDS Y LA EVOLUCIÓN DE LA RED*. Obtenido de Observatorio Industrial del Sector de la Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones: http://www.mincotur.gob.es/industria/observatorios/SectorElectronica/Actividades/2010/Federaci%C3%B3n%20de%20Entidades%20de%20Innovaci%C3%B3n%20y%20Tecnolog%C3%ADa/SMART_GRIDS_Y_EVOLUCION_DE_LA_RED_ELECTRICA.pdf

GEINFOR. (2018). *¿Qué es la Industria 4.0?* Obtenido de <https://geinfor.com/blog/industria-40/>

General Electric. (2017). *Industrial hardened communications*. Obtenido de <http://www.gegridolutions.com/Communications/CommsPortfolio.htm>

González, A., & Del Bosque, L. (2015). *HACIA LA ERA DE INTERNET INDUSTRIAL: SU IMPACTO EN LA FORMACIÓN DE LOS INGENIEROS*. Obtenido de <http://anfei.org.mx/revista/index.php/revista/article/view/72/301>

Híbridos y eléctricos. (2016). *Del 'internet de las cosas' a la 'nube': las aplicaciones de Bosch*. Obtenido de BOSCH ESTÁ EN SU “NUBE” ALEMANA: <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/internet-cosas-nube-aplicaciones-bosch/20160405112433011600.html>

HSS. (2018). *Almacén digital del futuro*. Obtenido de <http://www.hsssearch.co.uk/digital-warehouse-of-the-future>

Kadir, B. (2017). *Robot vs Cobot*. Obtenido de <https://www.4thpost.com/single-post/2017/12/27/Robot-vs-Cobot---What-is-the-difference>

Konradin. (2018). *Industria 4.0 cerca del agarre*. Obtenido de <https://industrie.de/top-list/5709/>

- Leisenberg, M. (2017). *Transformación digital, Industria 4.0 e Internet de las cosas: intento de aclaración para las PYME*. Obtenido de <http://www.leisenberg.info/2017/06/16/digital-transformation-industry-4-0-and-the-internet-of-things-attempt-of-a-clarification-for-smes/>
- Lorente. (2011). *ESTUDIO SOBRE EL ESTADO ACTUAL DE LAS SMART GRID*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/30044513.pdf>
- Magee, K. (2017). *Industria 4.0: Manufactura flexible, autónoma y adaptable*. Obtenido de IT Users: <https://itusers.today/industria-4-0-manufactura-flexible-autonoma-adaptable/>
- Martinez, A., Avila, M., Luque, A., & Aguayo, F. (2017). *Modelo para el negocio, servitización, producto y proceso conectado inteligente. Estrategias y marco regulatorio para el sector energético*. Obtenido de IV Jornada de Investigación y Postgrado Libro de actas: <https://books.google.com.ec/books?id=pEdVDwAAQBAJ&pg=PA240&lpg=PA240&dq=discusion+y+analisis+de+industria+4.0&source=bl&ots=uLY1xgXyao&sig=-SvQvI4YH-yXxOOqJBB8xiVuSkE&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiWmJ-buevcAhVstIkKHRMmAuc4ChDoATANegQIABAB#v=onepage&q&f=true>
- MEER. (2015). *Redes Inteligentes y Generación*. Obtenido de Arquitectura Centro Control Principal EEPG: https://www.iner.gov.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/07/07_Generaci%C3%B3n-solar-distribuida-y-redes-inteligentes_PE.pdf
- Microsoft. (2016). *Azure*. Obtenido de <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/IA-platform/>
- Muñoz, O. (2016). *HO Performance & Improvement IArbus*. Obtenido de Drones y realidad aumentada que se ocupan de la seguridad de los aviones: <https://elfuturoesapasionante.elplAs.com/drones-realidad-aumentada-se-ocupan-la-seguridad-los-aviones/>

- PDM. (2010). *Lo último en Tecnología Digital Móvil*. Obtenido de <http://pdm.com.co/Noticias%20Anteriores/Noticias%20Jun01-Ago31%202010.htm>
- Portal educativo. (2009). *La Revolución Industrial*. Obtenido de <https://www.portaleducativo.net/septimo-basico/396/La-Revolucion-Industrial>
- Power news. (2017). "*Conferencia Internacional de Normalización Intelligent Power Network*". Obtenido de <http://m.mpowernews.com/news/articleView.html?idxno=24529>
- Pundir, P. (2017). *Why is Industry 4.0 the Future of Productivity and Growth in Manufacturing?* Obtenido de Evon Technologies: <http://www.evontech.com/what-we-are-saying/entry/why-is-industry-40-the-future-of-productivity-and-growth-in-manufacturing.html>
- Quiminet. (2016). *Industria 4.0 Sistemas inteligentes interconectados* . Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/industria-4-0-sistemas-inteligentes-interconectados-estas-listo-4212250.htm>
- Servicios N-Soft. (2018). *Infraestructura de medición avanzada Lectura automática del medidor*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/advanced-metering-infrastructure-automated-meter-reading-services/?published=t>
- SINC. (2017). *Realidad aumentada para ayudar a los operadores de drones*. Obtenido de <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Realidad-aumentada-para-ayudar-a-los-operadores-de-drones>
- Tapia, A. (2012). *Redes inteligentes* . Obtenido de el constructor eléctrico: <https://constructorelectrico.com/redes-inteligentes-smart-grid/>
- Torres, A. (2013). *La potencialidad de implementar smart grid en ecuador*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/altorres4/la-potencialidad-de-implementar-smart-grid-en-ecuador>

De Val, D. (2017). *Industria 4.0 ; La transformación digital de la Industria*.
Obtenido de <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>

Velázquez, R. (2010). *“Introducción al concepto de Microrredes”, Boletín del Instituto de Investigaciones Eléctricas de Tendencias Tecnológicas* .
Obtenido de <https://www.ineel.mx//boletin032010/tenden.pdf>

Windpower. (2014). *Actualización del informe: transformadores de potencia grandes y rejilla eléctrica de EE. UU.* Obtenido de <https://www.windpowerengineering.com/electrical/report-update-large-power-transformers-u-s-electric-grid/>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Murillo Castillo, Xavier Ignacio** con C.C: # 0912459492 autor/a del trabajo de titulación: **Análisis al paradigma de la Industria 4.0 y propuesta de red eléctrica inteligente** previo a la obtención del título de Ingeniero en Eléctrico-Mecánica en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 23 de agosto de 2018

Nombre: **Murillo Castillo, Xavier Ignacio**

C.C: 0912459492



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Análisis al paradigma de la Industria 4.0 y propuesta de red eléctrica inteligente.		
AUTOR(ES)	Xavier Ignacio Murillo Castillo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Daniel Enrique Campoverde Cárdenas MBA		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico-Mecánica Con Mención En Gestión Empresarial Industrial		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico-Mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	23 de agosto del 2018	No. DE PÁGINAS:	105
ÁREAS TEMÁTICAS:	Internet de las cosas, Industria 4.0, Redes inteligentes		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	LOT, Smart Grid, M2M, Eficiencia energética, automatización industrial		

La Industria 4.0 es un paradigma que abarca varias tecnologías y plataformas de comunicación digital, de esta manera el objetivo principal del presente trabajo de titulación abarca el estudio de dicho paradigma para contribuir con criterios reflexivos desde el punto de vista normativo y la convergencia de plataformas tecnológicas. No obstante, las metodologías escogidas para este trabajo de investigación corresponden al método:

Descriptivo; consiste en describir y evaluar las características de un fenómeno determinado para después, analizar los datos recogidos para descubrir el objeto de estudio. Es decir, estudiar y analizar minuciosamente el paradigma de la Industria 4.0, la automatización de procesos industriales, la fabricación conectada al Internet de las cosas (IoT) y las redes eléctricas inteligentes (Smart Grid). De este último aspecto se deberá caracterizar el desempeño y la arquitectura.

Analítico-Sintético, basado en la combinación de dos maneras de investigar y que son usadas para desarrollar un determinado trabajo de investigación para lograr los objetivos planteados. Es decir, aplicada a valorar componentes y plataformas tecnológicas del contexto de la Industria 4.0. Pues, específicamente el método analítico analiza el objeto de estudio para determinar cómo el paradigma de la Industria 4.0 se manifiesta en el contexto actual. En cambio, el método sintético, se basa en la síntesis del fenómeno a estudiar, es decir, recopilar información aplicada a artículos científicos en bases de datos; para la misma, se revisa estudios de investigadores y expertos en el paradigma Industria 4.0 para finalmente resumir los datos mencionados.

ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-987228230	E-mail: xaviermurillo1@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Philco Asqui, Luis Orlando	
	Teléfono: +593-980960875	
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	