

ANÁLISIS DEL MODELO COMÚN DE DATOS ELÉCTRICO PARA LA INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DEL MANEJO DE LA DISTRIBUCIÓN MEDIANTE ESTÁNDARES INTERNACIONALES

RESUMEN

La tendencia actual de las redes eléctricas de distribución hacia las “*Smart Grids*” o redes inteligentes incorporando dispositivos inteligentes, sensores, fuentes de energía limpias y distribuida, nuevas tecnologías de la información y comunicaciones; así como la necesidad del suministro eléctrico de manera eficiente, confiable y seguro, hacen que la gestión de una empresa eléctrica de distribución sea un tarea compleja manejando mayores volúmenes de información. Con ello, las empresas eléctricas deben apoyarse en sistemas debidamente integrados garantizando una organización de la información, una respuesta oportuna y una mejora continua de los procesos.

Esta tesis realiza el análisis del Modelo de Datos Empresarial, inicialmente se hace una revisión del modelo actual de la CENTROSUR, con el fin de plantear la problemática en la integración de los sistemas. Luego se propone un nuevo modelo fundamentado en estándares internacionales, esto es, el CIM “Modelo de Información Común” definido en las normas IEC 61970/61968, con el fin de lograr la interoperabilidad de los sistemas de información. Cada vez es mayor el número de empresas eléctricas a nivel mundial y proveedores de software que han adoptado y están cumpliendo el estándar, además ya existen iniciativas de ser parte de una regulación eléctrica.

Como resultado de la tesis se propone una Arquitectura de Interoperabilidad y se detalla el proceso de implementación del Modelo Semántico Empresarial fundamentado en el mapeo del CIM y utilizando las tecnologías de integración horizontales tales como un Bus de Servicios Empresarial como parte de una arquitectura orientada a servicios.

INDICE DE CAPITULOS

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN.....	9
Capítulo 2: ESTADO DEL ARTE EN LA OPERACIÓN INTELIGENTE: “SMART GRID”	12
Capítulo 3: REVISIÓN DEL MODELO ACTUAL	29
Capítulo 4: INTEROPERABILIDAD DE LOS SISTEMAS.....	42
Capítulo 5: MODELO PROPUESTO.....	63
Capítulo 6: RESULTADOS OBTENIDOS	109
Capítulo 7: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	130
Bibliografía.....	134



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Maestría en Sistemas Eléctricos de Potencia

**Análisis del Modelo Común de Datos Eléctrico
para la Integración de Sistemas del Manejo de la
Distribución mediante Estándares
Internacionales**

SERGIO PATRICIO ZAMBRANO ASANZA

Ingeniero Eléctrico, Universidad de Cuenca, Ecuador (2001)

Tesis para optar el Título de:

Magíster en Sistemas Eléctricos de Potencia

Director

Ing. Juan Andrade Rodas, M. Sc.

Julio, 2011

Cuenca – Ecuador

AGRADECIMIENTOS

A mi Director de Tesis y a los lectores asignados por sus acertados comentarios y sugerencias. A los profesores de la Maestría de Sistemas Eléctricos de Potencia por sus enseñanzas. A mis compañeros por su amistad durante ese tiempo de convivencia y apoyo sobretodo en cierto momento difícil en mi vida personal.

A la Empresa Eléctrica CNEL Regional El Oro por brindar las facilidades para la asistencia a la Maestría, así como su generosa contribución económica en el financiamiento. A la Empresa Eléctrica CENTROSUR, en especial al Departamento de Gestión Tecnológica por abrirme las puertas y facilitar la aplicación del presente trabajo, de esta manera contribuir en la innovación al sector eléctrico ecuatoriano.

A especialistas del Instituto de Investigaciones Eléctricas de México y de la Compañía SISCO, por sus enseñanzas en los conceptos del estándar y solventar las consultas realizadas.

***Mis agradecimientos y dedicación
para mi familia y a mi esposa***

INDICE

INDICE	5
LISTADO DE FIGURAS	8
Capítulo 1	9
INTRODUCCIÓN	9
1.1 Planteamiento del Tema	9
1.2 Justificación	10
1.3 Objetivos	10
1.3.1 General	10
1.3.2 Específicos.....	10
1.4 Alcance.....	10
1.5 Organización del Trabajo	11
Capítulo 2	12
ESTADO DEL ARTE EN LA OPERACIÓN INTELIGENTE: “SMART GRID”	12
2.1 Introducción.....	12
2.2 Conceptos Claves en la Implementación de una SG	14
2.3 Retos en la implementación y Topología en una SG	17
2.4 Arquitectura Operacional en una SG	19
2.4.1 Funciones de un DMS avanzado	20
2.5 Revisión General de los Estándares en una SG	24
2.5.1 Comité Técnico TC57 y el Modelo CIM	26
Capítulo 3	29
REVISIÓN DEL MODELO ACTUAL	29
3.1 Introducción.....	29
3.2 Modelo de Datos en CENTROSUR.....	31
3.2.1 Breve Revisión del Modelo MultiSpeak	31
3.2.2 Armonización del Modelo MultiSpeak hacia el CIM	33
3.3 Sistemas Informáticos y Arquitectura en CENTROSUR	35
3.4 Visión Futura en CENTROSUR.....	39
3.4.1 Objetivos de esta Visión	39
3.4.2 Hoja de ruta propuesta	40
Capítulo 4	42
INTEROPERABILIDAD DE LOS SISTEMAS	42
4.1 Introducción.....	42
4.2 Categorías de Interoperabilidad y Roles del CIM.....	43

4.2.1	Roles del CIM	45
4.2.2	Distancias de Integración	47
4.3	Modelo de Referencia de Interfaces “IRM”	49
4.3.1	Funciones.....	50
4.3.2	Sub-Funciones y Componentes	50
4.4	Arquitectura y Perfiles de Interfaces	51
4.4.1	Arquitectura de Interfaces	51
4.4.2	Perfiles de Interfaces.....	52
4.5	Tecnologías de Integración	56
4.5.1	Arquitectura Orientada a Servicios “SOA”	56
4.5.2	Bus de Servicios Empresarial “ESB”	59
	Capítulo 5	63
	MODELO PROPUESTO	63
5.1	Historia del CIM	63
5.2	Definición del CIM.....	67
5.3	Fundamentos del CIM	70
5.3.1	Lenguaje de Modelado Unificado (UML)	70
5.3.1.1	Diagramas de Clases UML.....	71
5.3.1.2	Diagramas de Secuencia UML.....	78
5.3.2	Lenguaje extensible de Marcas (XML)	79
5.3.3	Ontologías.....	81
5.3.4	Marco de Descripción de Recursos (RDF)	82
5.3.5	Lenguaje de Ontologías Web (OWL)	85
5.4	Paquetes del CIM	85
5.4.1	Paquetes relevantes de la IEC 61970	86
5.4.1.1	Paquete “Core”	87
5.4.1.2	Paquete “Topology”	89
5.4.1.3	Paquete “Wires”	94
5.4.2	Paquetes relevantes de la IEC 61968	100
5.4.2.1	Paquete “Operations”	100
5.4.2.2	Paquete “Assets”	102
5.4.2.3	Paquete “Work”	104
5.5	Definición de Interfaces Genéricos GID	105
	Capítulo 6	109
	RESULTADOS OBTENIDOS	109
6.1	Introducción.....	109

6.2	Arquitectura de Interoperabilidad Propuesta	113
6.2.1	La modelación del negocio y la capa de diseño.....	114
6.2.2	Capa de Aplicaciones	115
6.2.3	Capa de Integración	115
6.2.4	Capa de Procesos e Inteligencia del Negocio.....	116
6.3	Proceso de Implementación del Modelo Empresarial	117
6.3.1	Construir los Casos de Uso.....	118
6.3.2	Crear los Diagramas de Secuencia	120
6.3.3	Modelando los Dominios	122
6.3.4	Diseñar los Mensajes	124
6.3.5	Diseñar las Interfaces.....	126
6.3.6	Construir las Interfaces	127
6.3.7	Gestionar los Artefactos	128
	Capítulo 7	130
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	130
	Bibliografía	134
	ANEXO 1: Glosario de Acrónimos	135
	ANEXO 2: Modelo de Referencia de Interfaces	136
	ANEXO 3: Listado de Normas Relevantes “IEC”	141

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1: Objetivos generales de una Smart Grid (Garcés, y otros, 2009)</i>	13
<i>Figura 2: Modelo conceptual de interoperabilidad SG(NIST, 2010)</i>	14
<i>Figura 3: Conceptos claves en la implementación de una SG (Grig of the future, 2009)</i>	15
<i>Figura 4: Sistemas Operacionales/Información en una SG (Grig of the future, 2009)</i>	16
<i>Figura 5: Transición de una red tradicional a una SG (Getting Smart, 2010)</i>	18
<i>Figura 6: Arquitectura Operacional de una SG</i>	19
<i>Figura 7: Estándares que predominan en una SG</i>	25
<i>Figura 8: Principales clases y TABLAS que forman el Modelo Lógico en CENTROSUR</i>	32
<i>Figura 9: Arquitectura actual de los principales Sistemas en CENTROSUR</i>	37
<i>Figura 10: Arquitectura de Interfaces según IEC 61968</i>	43
<i>Figura 11: Framework de Interoperabilidad</i>	45
<i>Figura 12: Distancias de Integración</i>	47
<i>Figura 13: Interfaces Puntuales vs. Interoperabilidad</i>	49
<i>Figura 14: Funciones del Modelo de Referencia de Interfaces</i>	50
<i>Figura 15: Relaciones Fundamentales del CIM</i>	68
<i>Figura 16: Paquetes Relevantes IEC 61970</i>	87
<i>Figura 17: Paquetes Relevantes IEC 61968</i>	100
<i>Figura 18: Funciones del IRM y Sistemas de una Utility</i>	109
<i>Figura 19: Arquitectura de Interoperabilidad Propuesta</i>	113
<i>Figura 20: Capas para Implementar el Modelo Semántico Empresarial</i>	122



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Tema

Entre los aspectos primordiales en la operación de los sistemas eléctricos de distribución “SED” están el mejorar la confiabilidad de la red, reducir al mínimo las interrupciones del servicio, mejorar la satisfacción al cliente, reducir costos y mejorar la seguridad.

Para lo antes citado, es necesario contar con sistemas tecnológicos y bases de datos integradas que permitan el almacenamiento y consultas inteligentes de un gran volumen de información que se genera dentro de una empresa distribuidora, lo cual permitirá tomar decisiones adecuadas y oportunas. Es por esto, que las Empresas Eléctricas, tales como CENTROSUR, han realizado la inversión para implantar los sistemas de información geográfica GIS, para el manejo de activos y clientes referenciados geográficamente. Para potencializar dicha inversión, existe la necesidad de llevar un control integrado de la gestión de incidentes (atención de reclamos mediante llamadas telefónicas a través del *call center*, programación de mantenimientos, etc.), la gestión de cuadrillas de trabajo, gestión de la calidad (cumplimiento de reportes al ente Regulador) y de la gestión de la operación (sistemas SCADA, DMS, OMS), entre otros.

Con lo anterior y con las nuevas tendencias de los sistemas eléctricos de distribución hacia las redes inteligentes “*Smart Grids*”, esto es, generación distribuida, fuentes alternas y renovables, flujos de información bidireccional y la operación basada en datos adquiridos y procesados en tiempo real, se requiere revisar la modelación de la estructura de datos y los procesos de interoperabilidad de los sistemas críticos del negocio de la distribución, adoptando estándares internacionales que cubran las necesidades actuales y futuras para los sistemas DMS (Distribution Management System) de apoyo a la operación del SED.



1.2 Justificación

La necesidad de un suministro de energía eficiente, confiable y segura ha conducido a las Empresas Eléctricas a la integración de los sistemas de información, a la reestructuración de los procesos de la cadena del negocio basado en mejores prácticas y estándares de clase mundial, así como a la permanente incorporación de nuevos dispositivos y tecnologías que permiten una mejor operación. Con lo anterior, los sistemas eléctricos de distribución son sistemas muy dinámicos de enorme complejidad, y su operación eficiente requiere del uso de nuevas tecnologías completamente integradas que permitan la toma de decisiones adecuadas y oportunas, es por ello que esta tesis propone realizar el análisis del modelo de información común CIM (Common Information Model) y la interoperabilidad de los sistemas críticos del manejo de la distribución, con el fin de mejorar la gestión de la distribución en una empresa eléctrica.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Análisis del modelo común de datos y requerimientos para la interoperabilidad de los sistemas para la gestión de activos, gestión de incidencias, gestión de calidad y gestión de la operación, basado en estándares internacionales

1.3.2 Específicos

- Revisión del nuevo concepto de modelación de información bajo la norma IEC 61968.
- Análisis de la interoperabilidad de los sistemas críticos del negocio de la distribución bajo la norma IEC 61968.

1.4 Alcance

El presente trabajo de investigación se centrará en analizar la nueva filosofía o concepto del Modelo CIM y la arquitectura de interoperabilidad para los sistemas críticos que soportan las funciones del negocio de la distribución eléctrica, definidas en la norma IEC 61968.



1.5 Organización del Trabajo

En este primer capítulo se introduce la problemática general a enfrentar, se definen los objetivos y la delimitación del tema.

En el capítulo 2 se investigará el estado del arte de las Redes Inteligentes “*Smart Grids*”, y los principales estándares que están predominando, con el fin de justificar la utilización y la necesidad de adoptar el Modelo CIM en nuestras empresas de distribución.

En el capítulo 3 se analizará el estado actual de los modelos y la integración de los sistemas en una de las empresas de distribución líderes en nuestro país, esto es, la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.

En el capítulo 4 se analizará el concepto de interoperabilidad de los sistemas y se revisará los requerimientos de la arquitectura de interfaces definida en la norma IEC 61968; luego se presentará una introducción de las actuales tecnologías de información tales como una Arquitectura Orientada a Servicios SOA y un bus de servicios empresarial ESB, para la implementación de esta arquitectura.

En el capítulo 5 se detallará el modelo de información común “CIM” definido en las normas IEC 61970/61968 y sus partes, luego se utilizará la última versión publicada con el fin de explorar este modelo lógico estándar.

En el capítulo 6 se presentan los resultados de la nueva organización proponiendo una Arquitectura de interoperabilidad Empresarial fundamentada en el estándar CIM.

Por último, en el capítulo 7 se describen las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo.

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL ARTE EN LA OPERACIÓN INTELIGENTE: “SMART GRID”

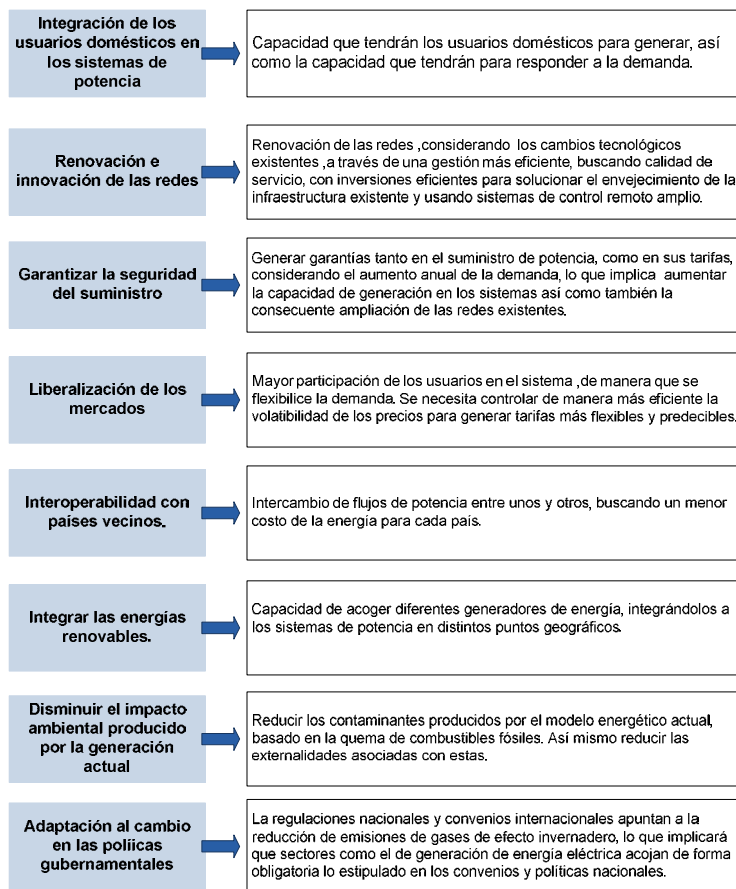
Con toda la actividad de investigación de las Redes Inteligentes “*Smart Grids*”, es necesario analizar si estas tecnologías tendrán alguna implicación en el diseño para los sistemas de distribución. ¿La topología tradicional y la disposición de una *Smart Grid* son similares? ¿O bien, la topología tradicional y la disposición de una *Smart Grid* son diferentes? ¿Cuáles son los estándares que están predominando y que soportarán a este tipo de redes inteligentes? Para contestar estas preguntas, se examinarán las implicaciones en el diseño asociadas con los principales avances tecnológicos. Luego de ello, se analizará los estándares predominantes en cada etapa de las redes, y específicamente el Modelo de Información Común dentro de la Integración de la Información o Datos Empresariales.

2.1 Introducción

En la actualidad se justifica la famosa frase el KW más ecológico (y económico) es el KW, que no se consume. Esto muestra de manera muy clara, que la energía eléctrica desde el momento que es generada, hasta cuando llega al usuario final conlleva un costo, y no solo un costo económico. Esta premisa indica que es hora de ahorrar energía o al menos no hay que derrocharla.

A pesar de que los sistemas eléctricos funcionan bien y sus principios no han variado significativamente desde que se utilizan de manera comercial, hay una certeza de que en el mediano plazo el comportamiento de los usuarios y de los proveedores del servicio propiciará cambios significativos en la manera de operar y concebir las redes. Debido al hecho del “buen” funcionamiento de las redes tradicionales, los métodos de diseño tradicionales han perdurado, sin embargo, este diseño ya no presentará las facilidades y necesidades de un mundo que necesita, eficiencia, confiabilidad y sostenibilidad, todo basado en un sistema inteligente de auto diagnóstico, eficiencia energética y autosuficiente.

FIGURA 1 OBJETIVOS GENERALES DE UNA SMART GRID (GARCÉS, Y OTROS, 2009)



La eficiencia energética

está estrechamente ligada a la reducción de emisiones de CO₂, además se apunta a minimizar el consumo en horas pico, introduciendo el uso de energía limpia.

De esa visión de cambio nace el concepto de *Smart Grid* (SG) o Red Inteligente, que en general formula y promueve una visión de cambio, tanto en la generación, distribución y regulación de los

mercados eléctricos. La Figura 1, describe los objetivos generales de una SG.

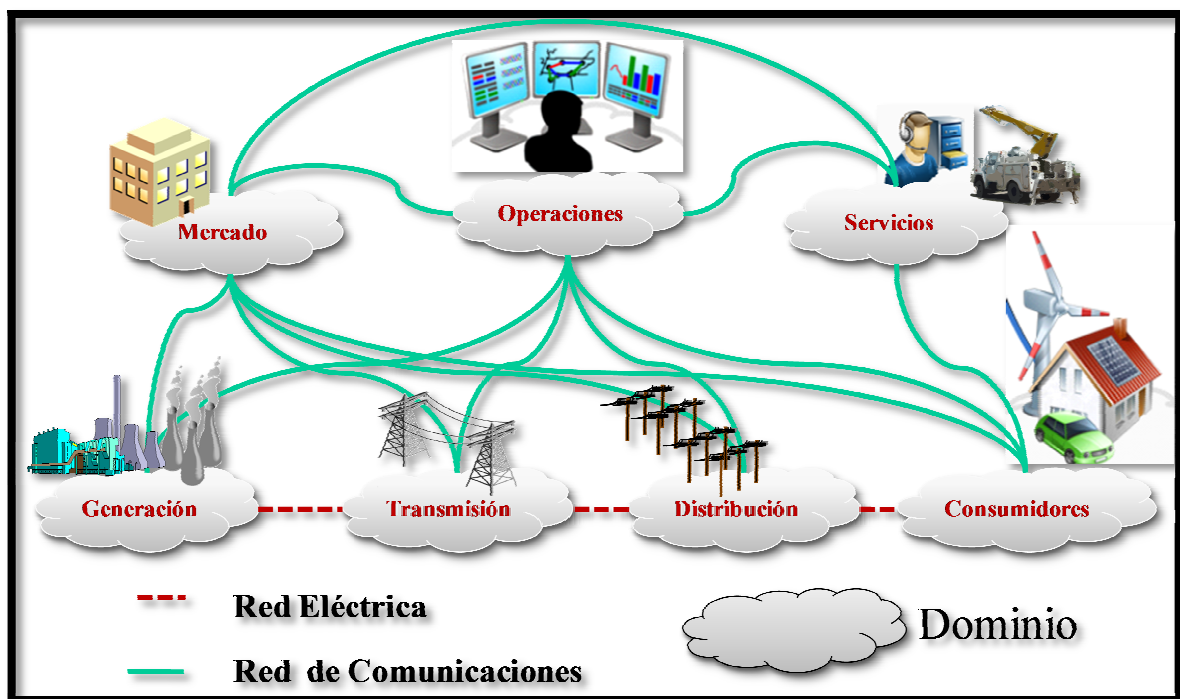
Así una SG, viene a ser una red eléctrica concebida para integrar de forma inteligente, a los actores conectados a ella, sean estos consumidores o generadores. La intención es que la energía suministrada sea manejada en forma eficiente, bajo parámetros de sostenibilidad. Con el fin de lograr estos propósitos una SG, debe:

- ❖ Facilitar la conexión de diversas fuentes de generación.
- ❖ Permitir a los consumidores optimizar la operación del sistema
- ❖ Permitir que el consumidor pueda obtener mejor suministro de energía
- ❖ Reducir significativamente el impacto ambiental de toda la operación del sistema.
- ❖ Entregar energía con niveles de seguridad y confiabilidad óptimos.

La Figura 2, resalta el modelo conceptual de los actores o dominios en una SG, además se observan dos redes, la física o red eléctrica y una digital o red de comunicaciones.

En cuanto a la generación el manejo de los flujos, hasta ahora unidireccionales, también tendrá que adaptarse a los cambios pues deberá controlarse tanto grandes como pequeños generadores, los mismos que pudiesen estar dispersos o centralizados y deberán ser coordinados, no solo entre ellos sino con los usuarios.

FIGURA 2 MODELO CONCEPTUAL DE INTEROPERABILIDAD SG(NIST, 2010)



2.2 Conceptos Claves en la Implementación de una SG

En la Figura 3 se presentan algunos conceptos claves que persiguen el modelo y el diseño de una SG, indudablemente la existencia de plataformas informáticas y del hardware asociado a ellas, posibilitará aplicaciones, tendientes a alcanzar los objetivos deseados.

FIGURA 3 CONCEPTOS CLAVES EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA SG (GRIG OF THE FUTURE, 2009)

CONCEPTO	OBJETIVO	INFRAESTRUCTURA
Inteligencia distribuida.	Descentralizar la generación y el almacenamiento, es decir, buscar fuentes alternativas en la cual el consumidor elija su mejor opción, haciendo del sistema de distribución un sistema óptimo y descentralizado.	Equipos móviles y fijos tales como: <ul style="list-style-type: none"> • Equipos de adquisición de datos y medidores de energía, equipos de automatización, medidores lectores automáticos y de tarificación, radios móviles, GPS, computadores/registradores de tipo industrial para el monitoreo en sitio, telefonía celular y demás comunicaciones móviles e inalámbricas.
Comunicaciones digitales	Monitoreo remoto y el control de los equipos requiere de comunicaciones bilaterales (Operación en tiempo real).	Gran variedad de equipamiento de telecomunicaciones: <ul style="list-style-type: none"> • Telefonía inalámbrica o por cobre, fibra óptica, BPL, satélite o internet, etc.
Software de decisión.	Inteligencia de la que se dote a la red dependerá del alcance y el detalle en el control y el poder de decisión que se le quiera dar al proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> • El tipo de tecnología a utilizarse y la compatibilidad con el software y por ende el alcance del control a implementarse.

Una SG, debe detectar y responder automáticamente a una emergencia, enfocándose en la prevención y minimizando el impacto al consumidor. Otra característica es la inclusión del consumidor como un miembro activo de la red, manteniéndolo informado acerca del estado de la red, facilitando el acceso a información referente a uso de energía, tipo de fuente, fallas que le afecten y tiempos de reposición, permitiéndole además que tome decisiones sobre su consumo.

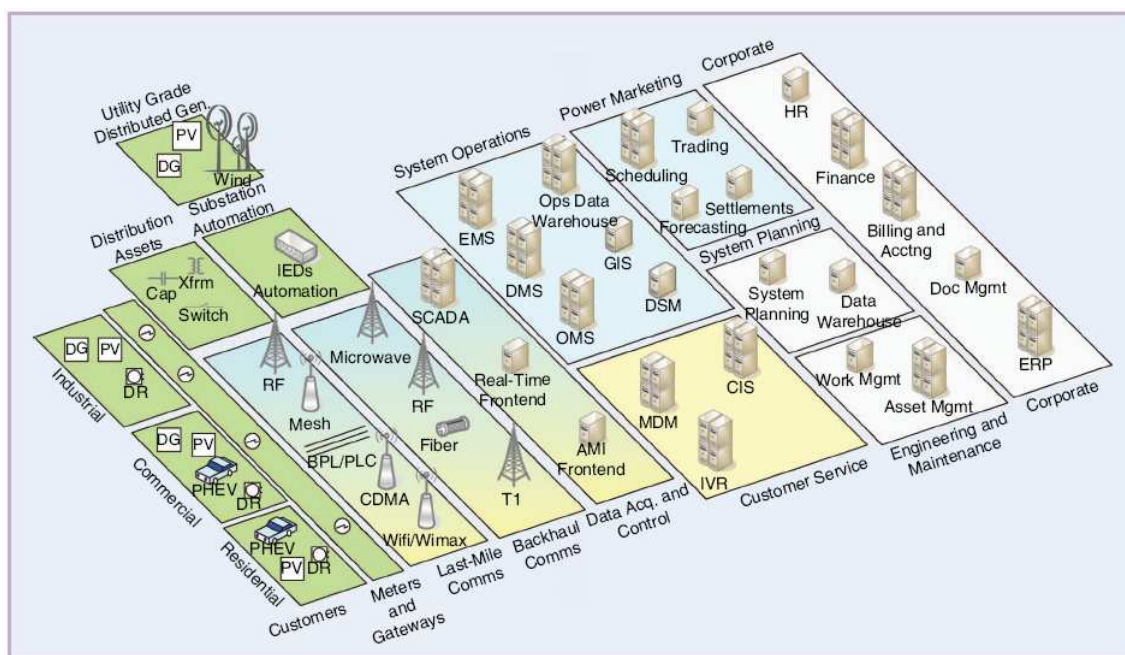
En este mismo sentido una SG, debe disponer de sistemas avanzados de medición, para dinamizar la tarificación, manejo de la demanda y la integración de la venta de energía al por menor y en el mercado mayorista. Indudablemente la agilidad en la respuesta, mejorará la calidad del servicio, utilizando, por ejemplo, tecnología que permita identificar un problema para luego aislarlo, manteniendo seguridad, de acuerdo a una normativa técnica o legal específica.

La interacción entre los diferentes componentes de un sistema de potencia, hará que una SG, permita elegir la mejor opción y disponibilidad de las fuentes de energía, de forma que puedan abastecer la demanda, ya sea con generación tradicional o alternativa, incluyendo la generación distribuida.

Integrando estos conceptos, la Figura 4 detalla los sistemas operacionales y los sistemas de información en una SG, en la cual intervienen:

- los clientes y sus equipos de medición inteligentes
- los sistemas de comunicación en la última milla, en la red de distribución y subestaciones
- la automatización de equipos en la red de distribución y subestaciones
- la generación distribuida y fuentes de energía alternativa
- el control y adquisición de datos en tiempo real
- los sistemas de apoyo a la operación de la red
- los sistemas de servicio al cliente
- los sistemas para la administración del trabajo de mantenimiento y construcción.
- los sistemas para la planificación de la expansión
- los sistemas para administrar la compra de energía en el mercado eléctrico
- y por último los sistemas empresariales o corporativos, externos al negocio de la distribución.

FIGURA 4 SISTEMAS OPERACIONALES/INFORMACIÓN EN UNA SG (GRIG OF THE FUTURE, 2009)





2.3 Retos en la implementación y Topología en una SG

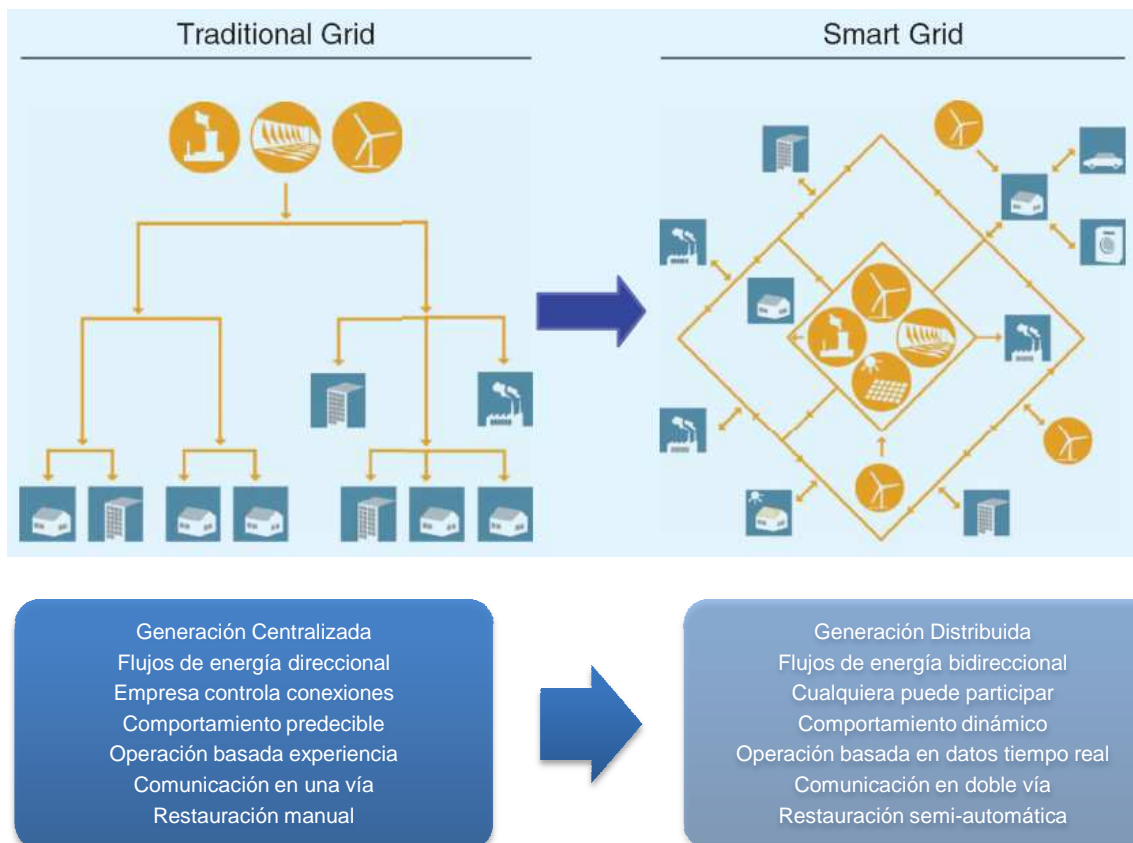
La implementación y funcionamiento de una SG, lleva consigo varias ventajas con respecto al enfoque tradicional de las redes, sin embargo su implementación no está exenta de retos que deben ser solucionados, entre estos tenemos:

- Congestión en circuitos
- Impacto de cargas nuevas (vehículos eléctricos y vehículos híbridos)
- Manejo de generación no convencional (generación eólica y solar).
- Regulación
- Sobrecargas en las redes
- Desbalances y aparición de transientes en las redes
- Nuevos estándares
- Monitoreo continuo
- Facilidades de acceso a información en las empresas
- Altos costos de implementación

Actualmente hay equipos muy rentables para utilizarlos como nodos inteligentes dentro de los sistemas de distribución. Estos pueden interrumpir corrientes de falla, monitorear corrientes y voltajes, comunicarse entre sí y permitir una reconfiguración automática del sistema para restauración de clientes y lograr otros objetivos.

La capacidad de una reconfiguración rápida y flexible en las redes interconectadas de los alimentadores es un componente clave de la SG. Esto requiere que los equipos tengan la capacidad de realizar transferencias y que el sistema de protecciones despeje correctamente una falla en la nueva configuración. Estos dos temas ahora impactan en los diseños de los sistemas.

FIGURA 5 TRANSICIÓN DE UNA RED TRADICIONAL A UNA SG (GETTING SMART, 2010)



Hasta ahora, Figura 5, se diseñan los alimentadores del sistema de distribución con un ramal principal trifásico y ramales laterales monofásicos. La troncal principal lleva la mayor carga, desde la subestación, por el centro del área de servicio del alimentador. Los ramales monofásicos se usan para unir el tramo principal con las distintas ubicaciones de clientes. Los nuevos sistemas de distribución deben tener bifurcaciones, lazos normalmente abiertos y otras complejidades; de acuerdo a la nueva filosofía de la reconfiguración automática. Es decir, no se trata de unir las subestaciones a los clientes al más bajo costo, sino que una red inteligente permite una reconfiguración rápida y flexible. Por tanto, los futuros sistemas serán diseñados con visión a una integración de las redes de distribución conectadas a múltiples subestaciones. Este nuevo concepto se enfoca en obtener un sistema de alimentadores interconectados.

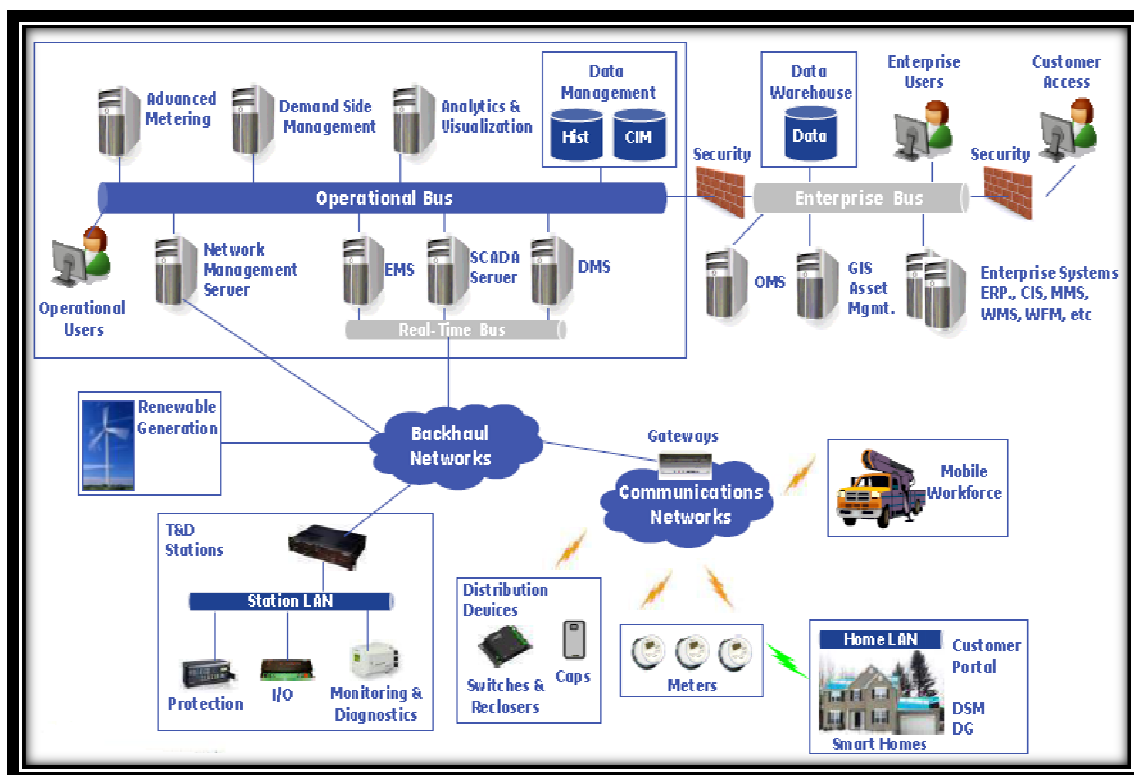
Tradicionalmente en los sistemas de distribución para realizar la coordinación de protecciones se usan las curvas de equipos tiempo-corriente, además se

ubican los equipos que operan más rápidamente cerca de la subestación. En una red inteligente, la topología es dinámica y lo anterior se vuelve un problema. Desde una perspectiva del diseño, la topología del sistema y las protecciones eléctricas, tendrán que ser analizadas juntas con el fin de asegurar la coordinación de protecciones ante la variedad de configuraciones.

2.4 Arquitectura Operacional en una SG

El concepto de Arquitectura se refiere principalmente a la disposición de cada uno de los equipos y medios físicos y su interrelación dentro del sistema inteligente. La arquitectura se basa en un estándar, y este no debe cerrarse a otras posibilidades de integración y ampliación.

FIGURA 6 ARQUITECTURA OPERACIONAL DE UNA SG



Una SG debe permitir crear una red integrada utilizando una variedad de tecnologías, he allí el imperioso requisito de la estandarización y el reto de los proveedores de servicios de comunicación, hardware y software.

La estructura de esta arquitectura SG, Figura 6(Borlase, 2008), destaca como partes importantes a la red empresarial, la red operacional y la red de comunicaciones:



- ⇒ La red empresarial es la encargada de gestionar la información de campo, realizar las transacciones comerciales y emitir los resultados técnicos y financieros conforme los datos obtenidos. Aquí tienen gran importancia el sistema de información geográfico GIS y el sistema de gestión de interrupciones OMS, los cuales deben estar protegidos de *hackers* y *bugs* a través de un sofisticado *Firewall*.

- ⇒ La red operacional, encargada del manejo de los datos obtenidos del sistema SCADA y DMS (Distribution Management System), maneja la información técnica a través de servidores dedicados y redundantes de cada función (comandos y alarmas) dentro del centro de control de la operación de la distribución (Tiempo Real, Mediciones, Consolas).

- ⇒ La red de comunicaciones, conformada por los diferentes medios y componentes de un sistema de comunicaciones tomado como estándar, aquí se tienen switches, gateways, módems, etc., cada uno dentro de su respectiva tecnología de comunicación: Móvil, GPRS, Wireless, Radio Frecuencia o Fibra óptica. Está conformada por las diferentes redes LAN o WAN a través de las cuales la empresa adquiere sus datos de campo (medición, protección, monitoreo).

2.4.1 Funciones de un DMS avanzado

Una SG no es una solución que está disponible en el mercado y luego se instala y se enciende al día siguiente. Una iniciativa bien planificada añade infraestructura, proporciona un alto nivel de integración y tiene una visión a largo plazo.

Sistemas actuales para la Gestión de la Distribución (DMS)

Un DMS inicia como una extensión de un sistema SCADA, permitiendo:

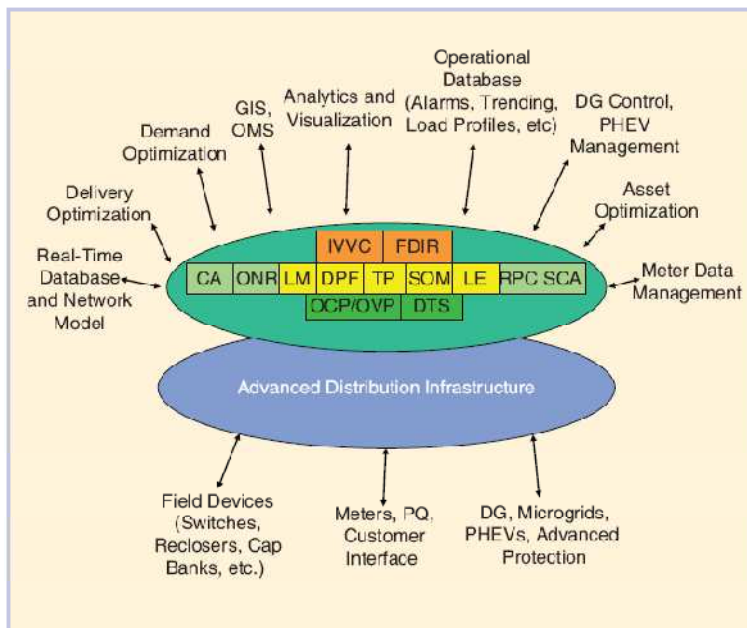
- Detección de Fallas, Aislamiento y Restauración del Servicio (FDIR): basado en mediciones de unidades terminales en alimentadores (FTUs), esto con el fin de mejorar la confiabilidad y calidad del servicio.



- El control integrado de Voltaje/VAR (IVVC): se emplea algoritmos avanzados para optimizar un control coordinado de bancos de capacitores, reguladores de voltaje y posición de taps de los transformadores.
- El procesador de topología (TP): determina la topología y conectividad de una red de distribución.
- Flujos de potencia de distribución (DPF): usado por muchas aplicaciones del DMS y permite resolver flujos de potencia trifásicos y desbalanceados.
- Modelación y estimación de la carga (LM/LF): si los modelos y valores de la carga no son bastante exactos, los resultados de las aplicaciones DMS tampoco lo serán.
- Reconfiguración óptima de redes (ONR): recomienda las operaciones de maniobras “switching”, con el fin de disminuir pérdidas, mejorar niveles de voltaje y balancear las cargas; además se usa para programar mantenimientos.
- Análisis de Contingencia (CA): analiza reconfiguraciones y escenarios de fallas que podrían afectar al suministro y seguridad de la operación.
- Administración de switch (SOM): operación en tiempo real para administrar, verificar, ejecutar o rechazar los recierres.
- Análisis de corto circuito (SCA): una función fuera de línea que permite calcular las corrientes de corto circuito en condiciones de falla.
- Coordinación de Protecciones (RPC): administra y verifica los ajustes de los equipos de protección bajo diferentes condiciones de operación y reconfiguración.

- Ubicación óptima de capacitores y reguladores de voltaje (OCP/OVP): para el control efectivo de reactivos y niveles de voltaje.
- Simulación de la Distribución (DTS): un módulo de entrenamiento para analizar los efectos de la operación o extensiones del sistema.

DMS Avanzado para una SG (The Evolution of Distribution, 2009)



FDIR	Fault detection, isolation, and service restoration
IVVC	Integrated voltage/var control
TP	Topology Processor
DPF	Distribution Power Flow
LM	Load Modeling
LE	Load Estimation
SOM	Switch Order Management
ONR	Optimal Network Reconfiguration
CA	Contingency Analysis
SCA	Short-Circuit Analysis
RPC	Relay Protection Coordination
OCP/OVP	Optimal capacitor placement/optimal voltage regulator placement
DTS	Dispatcher Training Simulator

Transformación de la Red a un avanzado DMS

El control y administración de los sistemas de distribución mediante una arquitectura integrada de una SG, permite el intercambio de información en tiempo real entre las distintas aplicaciones. Entre los avances esperados se tiene:

- La supervisión, control y adquisición de datos se extenderá hasta los transformadores y hasta los clientes por medio de una infraestructura de medición avanzada (AMI).
- La integración, interfaces, estándares y sistemas abiertos serán una necesidad (CIM, SOAP, XML, SOA, etc.). Además la integración con otras aplicaciones empresariales tales como el sistema de información



geográfica (GIS), la gestión de clientes (OMS), la administración de mediciones (MDM), mediante normalización de interfaces.

- El FDIR requerirá un nivel más alto de optimización que debe incluir lazo cerrado, circuitos paralelos y configuración radial. La reconfiguración de alimentadores será multiobjetivo y multinivel.
- IVVC incluirá la operación y mejora de activos, por tanto los objetivos de la optimización deben incluir restricciones de operación y análisis de costos.
- LM/LE cambiará significativamente, los comportamientos del consumo ya no serán previsible, sino manejados individual y eficientemente por DSM.
- El TP, DPF, ONR, CA, SCA y RPC se usarán con mayor frecuencia. Estos tendrán que incluir modelos monofásicos y trifásicos extendidos hasta los usuarios finales. Existirán más desafíos para la protección, operación y mantenimiento de las redes de distribución. La generación distribuida y la integración de los clientes complicarán los análisis de flujos de potencia (flujo bidireccional), análisis de contingencias y el control de emergencias de las redes (múltiples fuentes de falla). Los ajustes de las protecciones y los algoritmos de restauración de fallas tienen que responder dinámicamente ante los cambios en la configuración de las redes.
- En un DMS avanzado, las bases de datos tanto del sistema geográfico y de las redes, necesitarán una adecuada integración. Cualquier cambio en los datos geográficos automáticamente debe actualizarse en el modelo de redes, es decir, se debe disponer de bases en tiempo real, con alta velocidad de refrescamiento y alto nivel de seguridad. Este es un desafío enorme del manejo de datos en tiempo real frente a mediciones mensuales y redes congeladas.



- El reporte de mediciones y los datos históricos serán herramientas esenciales para el funcionamiento de las redes de distribución y de las iniciativas de una SG.
- La visualización de los datos proporcionan una descripción detallada de la gran cantidad de información.
- La integración en la empresa es un componente esencial en la arquitectura de una SG. El DMS necesitará el desarrollo de interfaces para compartir información con otras aplicaciones.
- Una alta seguridad será requerida para el campo de las comunicaciones, aplicaciones de interfaces y acceso de usuarios.

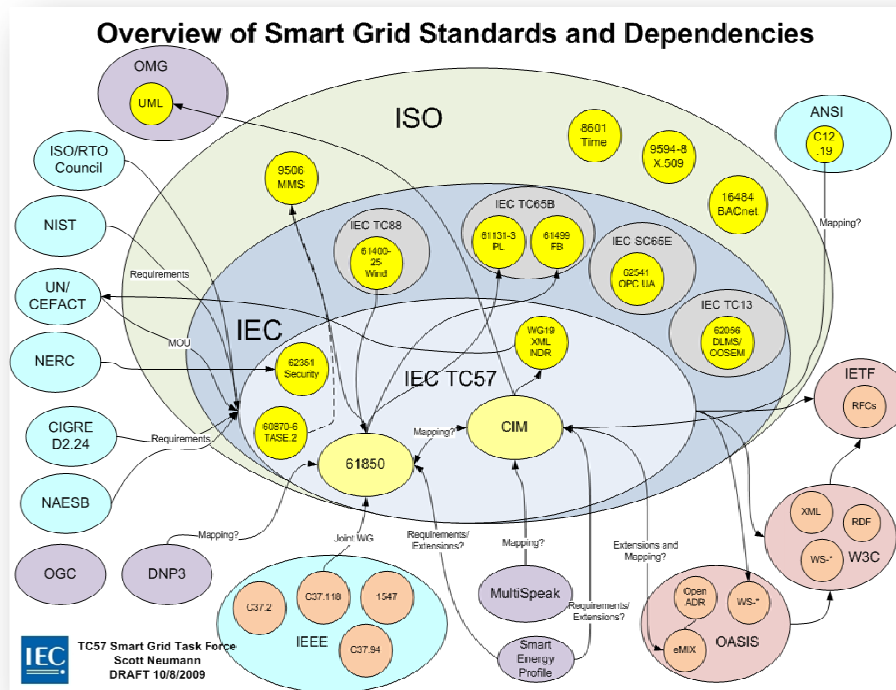
2.5 Revisión General de los Estándares en una SG

La arquitectura de las SG, está adoptando estándares internacionales para la modelación e interoperabilidad de los sistemas, con el fin de cubrir las necesidades actuales y futuras para los componentes de apoyo a la operación de la red. Entre las justificaciones de la estandarización están:

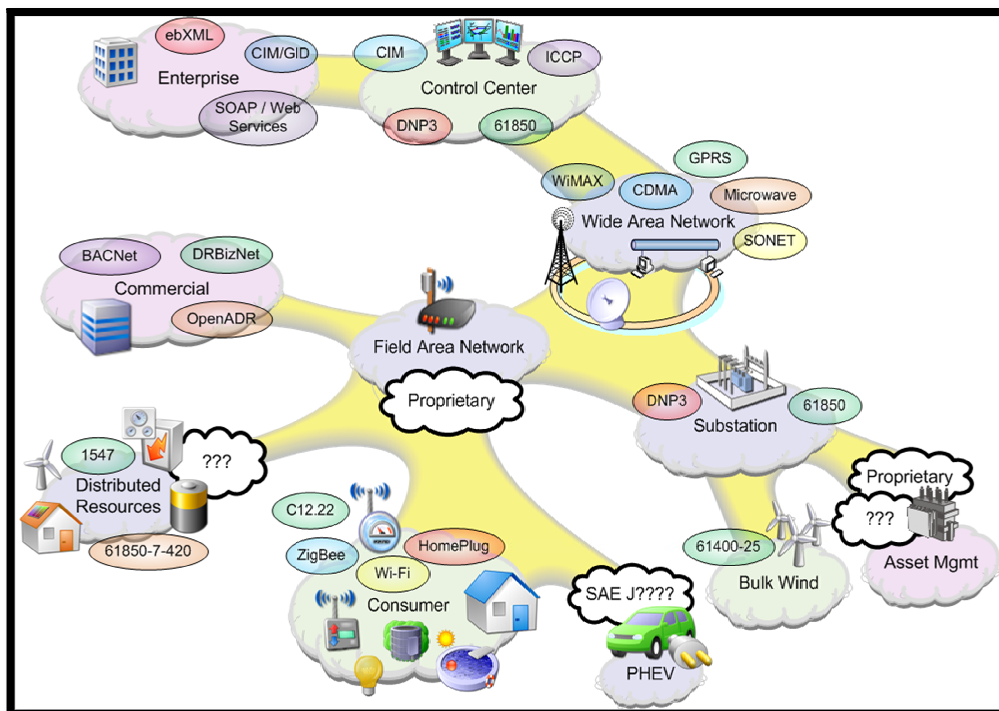
Evitar volver a construir la rueda, es decir no inventar lo que ya está desarrollado.
Aprender de las mejores prácticas de la industria.
Reducción de costos de integración.
Prevenir un único proveedor, llave en mano.
Los vendedores comparten un mercado más grande.
Desarrollos probados y abiertos.
Los consorcios dentro de la industria pueden funcionar mejor.
Los grupos de usuarios pueden generar requerimientos.
Funciona mejor bajo certificaciones en normas

Una visión general de los estándares internacionales que predominan en las SG y sus dependencias, de acuerdo a (Neumann, 2009), se muestra en la Figura 7.

FIGURA 7 ESTÁNDARES QUE PREDOMINAN EN UNA SG



Como puede observarse, en el centro de la gráfica se destaca el Modelo CIM dentro del IEC TC57, que se revisará más adelante. Desagregados los estándares en cada uno de los dominios o etapas de una SG, tenemos:



Por otro lado el “NIST”, en la referencia (NIST, 2010), en su hoja de ruta para la interoperabilidad hacia las SG, también destaca el Modelo en análisis dentro de los dominios de la operación y servicios Figura 2, como se resume en la siguiente tabla (fila 7) los primeros 16 estándares identificados por NIST:

		\$	🖨	🔍	⚡	📡	🌐	🏠
1	AMI-SEC System Security Requirements	✓	✓	✓			✓	✓
2	ANSI C12.19 End Device (Meter) Tables		✓	✓				✓
3	BACnet Building Automation & Control Net			✓	✓			✓
4	DNP3 – Distributed Network Protocol		✓		✓	✓	✓	
5	IEC 60870-6 – Inter-Control Center		✓					
6	IEC 61850 – Comms Nets in Substations		✓		✓	✓	✓	
7	IEC 61968/61970 – Common Info Model		✓	✓				
8	IEC 62351 – Data Comms Security		✓		✓	✓	✓	
9	IEEE C37.118 - Synchrophasors		✓			✓		
10	IEEE 1547 – Distributed Resources		✓		✓	✓	✓	
11	IEEE 1686 – IED Cyber Security				✓	✓	✓	
12	NERC Critical Infrastructure Protection	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13	NIST SP 800-53/82 Fed Info Sys Security	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	Open Automated Demand Response	✓	✓	✓				✓
15	Open Home Area Network Requirements							✓
16	ZigBee/HomePlug Smart Energy Profile							✓

El NIST dentro del grupo de prioridades “Priority Action Plans PAP” en el desarrollo de los estándares necesarios para la interoperabilidad en una SG, define el “PAP 08” Desarrollo del Modelo Común de Información para la Gestión de la Red de Distribución categorizándolo como urgente y necesario. Uno de los objetivos planteados es el desarrollo de estrategias para la integración y extensión IEC 61970-301, IEC 61968, MultiSpeak e IEC 61850 para aplicaciones de SG.

2.5.1 Comité Técnico TC57 y el Modelo CIM

La gran cantidad de formatos de intercambio de información, la dificultad de integración de los sistemas aislados dentro de cada empresa, la extensa variedad de paquetes de software y de arquitecturas disponibles, así como la necesidad de compartir

información entre las diferentes compañías energéticas se han convertido en un problema creciente.

Las organizaciones especializadas plantearon este problema y decidieron desarrollar y adoptar un modelo para implementación e integración de sistemas de información para empresas eléctricas donde existiera un formato estándar para la descripción, manejo e intercambio de datos, con un menor costo de mantenimiento de software y alcanzar una mayor interoperabilidad entre los sistemas de información.

Como respuesta a esta problemática, **la IEC desarrolló las normas IEC 61970 e IEC 61968**. En la Figura 7 se resalta el comité técnico TC57 “Power System Management and Associated Information Exchange” de la IEC “International Electrotechnical Commission”, el cual contiene los siguientes grupos de trabajo (WG):

WG10	•Substations (and field devices): IEC 61850
WG13	•Transmission: CIM - IEC 61970
WG14	•Distribution: CIM - IEC 61968
WG15	•Security: IEC 62351
WG16	•Energy Markets: IEC 62325
WG17	•Distributed Energy Resources
WG19	•Harmonization (and architecture)

El grupo de trabajo W13 define la norma IEC 61970 que contiene el Modelo CIM (Common Information Model) para sistemas eléctricos EMS (generación y transmisión), esto incluye un modelo de red abierto y estandarizado. Por otro lado, el grupo W14 mediante la norma IEC 61968 extiende el Modelo CIM para sistemas eléctricos de distribución DMS. Ambas se adaptan a la norma IEC 61850 (automatización subestaciones) mediante las mediciones.

Las normas IEC-61968 e IEC-61970 están basadas en los resultados obtenidos por el EPRI “Electric Power Research Institute” en la definición de un modelo de referencia común (CIM), así como de los medios de acceso a los servicios del modelo o Centro de Control API (CCAPI). Si bien dicho modelo se origina en la década del 90, posterior de la adopción de la IEC realmente inicia en el 2006 y actualmente está en constante evolución en ciertas partes.

- Alabama, Florida, Georgia, Mississippi 
- Francia 
- San Diego, California 
- Washington, Oregon, Wyoming, Utah, Idaho 
- Texas 
- Carolinas, Florida 
- México 

Las compañías eléctricas más importantes mundialmente (imagen adjunta) están abriendo las puertas para la implementación del modelo CIM como parte de la cadena de sus procesos dentro del negocio de la distribución. Los proveedores y desarrolladores de tecnología ahora ya cuentan con un estándar a cumplir, lo cual reduce la incompatibilidad de formatos entre sistemas, se reducen los

costos generados debido al mantenimiento y actualización y se mejoran los sistemas empresariales para la distribución y comercialización de la energía.

Recientemente, han comenzado algunos proyectos en todo el mundo, en los que participan distintas empresas, universidades e institutos de investigación, cuyo objetivo es el desarrollo de las redes de distribución del futuro: Intelligrid (USA), Address (Unión Europea), CENIT DENISE (España), Oasis (Escocia), SIGDE (Ecuador), etc. En la mayoría de ellos, se propone el CIM como modelo de información a emplearse en los sistemas de gestión.



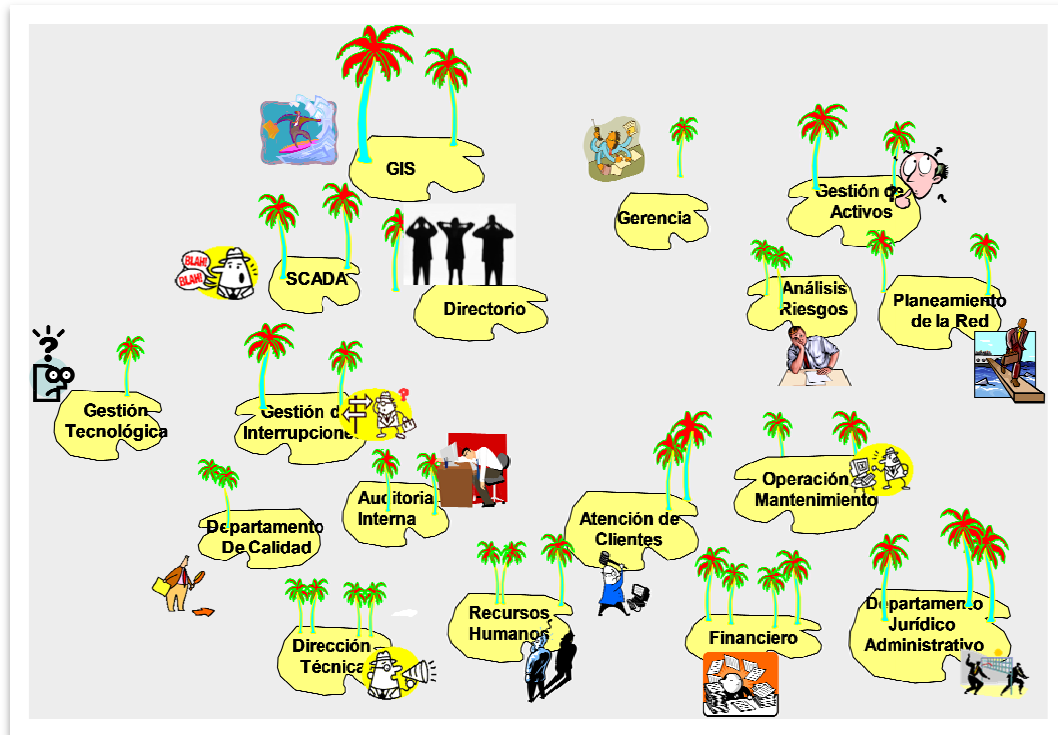
CAPÍTULO 3

REVISIÓN DEL MODELO ACTUAL

En nuestro país, dentro de las empresas eléctricas, ¿existe esta visión hacia una homologación del Modelo de Datos y una filosofía de interoperabilidad? ¿Los procesos de la cadena del negocio de la distribución y comercialización de energía están basados en metodologías y normas estándares? ¿Con el reciente cambio en la Constitución en conformar una empresa única y pública, se está analizando la reorganización de estructuras, procesos y funciones basados en normas? **¿Cuál es la situación actual?** Para dar respuesta a esta interrogante, se analizará el estado actual sobretodo en una de las empresas líderes, esto es, Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. “CENTROSUR”.

3.1 Introducción

Hasta la presente fecha, las 20 empresas de distribución y comercialización de energía eléctrica conformadas como sociedades y compañías anónimas, actualmente 10 de ellas agrupadas dentro de la Corporación Nacional de Electricidad CNEL, dentro de su área de concesión han implantado sus modelos de gestión formando verdaderas islas entre sus departamentos, careciendo de procesos y normativas, como se detalla en la siguiente gráfica:



Producto de ello, algunas empresas presentan grandes problemas financieros, en gran medida debido a malas administraciones, falta de inversiones, la politización de las tarifas, ausencia de gestión y compromiso por parte de sus máximas autoridades; fomentando en ciertas empresas sobretodo de la costa, la cultura del no pago, las instalaciones clandestinas, la alteración de equipos de medición, entre otras anomalías.

En resumen, en nuestro país no ha existido una política que permita homologar procesos y sistemas tecnológicos, con el fin de contar con un solo modelo de gestión para todo el sector eléctrico de la distribución.

A continuación se analizará el estado actual del modelo de la distribución de la empresa CENTROSUR, considerada como una de las empresas líderes por presentar determinados indicadores de desempeño bastante aceptables, tales como: bajo índice de pérdidas, rentabilidad financiera, elevado nivel de recaudación, aceptable nivel de eficiencia en los gastos de operación y mantenimiento, aceptables indicadores de calidad y restauración del servicio, entre otros.

3.2 Modelo de Datos en CENTROSUR

Otro de los modelos reconocidos como un estándar internacional, con varios años en el mercado y en operación en algunas empresas eléctricas sobretodo en Empresas Rurales en Estados Unidos es el “MultiSpeak”, a diferencia del Modelo CIM que está definido dentro de una norma internacional. En la Figura 7, dentro de los estándares que predominan en las SG se detalla este estándar pero en estado de armonización o mapeo “Mapping” hacia el modelo CIM, es decir que, a corto plazo, quien predominará es este último.

3.2.1 Breve Revisión del Modelo MultiSpeak

La Empresa Eléctrica Regional Centro Sur adquirió el Sistema de Información Geográfica GIS de ESRI el “**ArcGIS**” además se complementó con el componente eléctrico de la solución de Telvent Miner&Miner el “**ArcFM**”. El proceso de configuraciones e implementación de este sistema se efectuó por los años 2003 a 2005, con ello la CENTROSUR, dentro de nuestro país, ha sido una de las pioneras en adquirir un software licenciado GIS Eléctrico de clase mundial, tal como lo detalla Gartner en la siguiente gráfica:

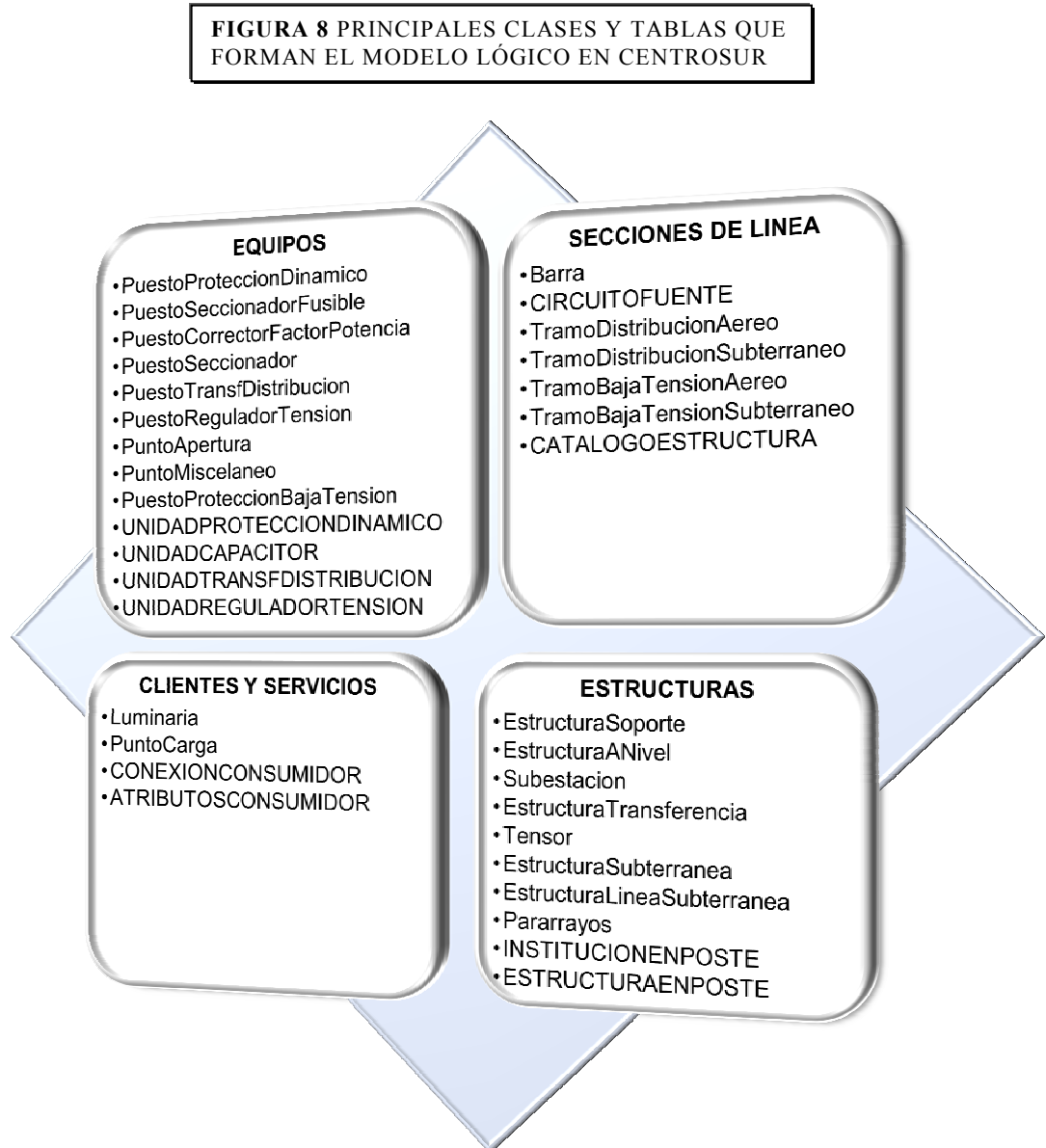
Figure 1. MarketScope for Energy and Utility Geographic Information Systems

	RATING				
	Strong Negative	Caution	Promising	Positive	Strong Positive
Autodesk				X	
Bentley			X		
ESRI					X
GE Energy				X	
Intergraph				X	
Pitney Bowes Business Insight			X		

As of January 2009
Source: Gartner (January 2009)

El modeló básico para el sistema de distribución eléctrica configurado dentro del producto ArcFM actualmente es el MultiSpeak de la National Rural Electric Cooperative Association (NRECA); es decir Telvent es miembro de esta organización pero ya se encuentra trabajando dentro de los grupos de usuarios del Modelo CIM con la finalidad de que a futuro su producto se fundamente en el CIM (CIM-Based).

La Figura 8, detalla las principales clases y TABLAS del modelo lógico y físico de distribución de CENTROSUR, en cada uno de los componentes del sistema de distribución.



Los elementos que forman la red geométrica son los segmentos de línea o Tramos, Equipos eléctricos y Clientes o Servicios, donde se definen las reglas del negocio. Se garantiza la conectividad mediante la herramienta “Feeder Manager” propia del software. Con respecto a la calidad de información a más de las herramientas del software, “Quality Assurance / Quality Control” y “Auto-



Updaters”, existen procesos de mantenimiento de información definidos en la empresa.

Está pendiente completar al modelo de CENTROSUR el manejo integrado de todos los niveles de tensión, es decir el “extended feeder manager”, donde se extendería la conectividad existente (media y baja tensión) con el nivel de subtransmisión. Además crear las clases y registrar la información correspondiente a los ajustes de las protecciones y controles de equipos como reconectores y relés, con visión hacia un DMS.

Por otro lado, CENTROSUR cuenta con una estructura centralizada para el registro y actualización de información hacia el GIS, si bien en base a buenos procesos y prácticas, así como la potencialidad en la edición de esta aplicación, se ha garantizado la calidad de información; sin embargo ya existe la necesidad de descentralizar esta actividad, esto es, reforzar el diseño y la gestión de proyectos en un ambiente integrado con el GIS y contar con un verdadero sistema WMS que apoye a los procesos de mantenimiento y construcción.

CON LO ANTERIOR, CENTROSUR CUENTA CON UN MODELO MULTISPEAK, QUE CONSTITUYE UN ESTÁNDAR INTERNACIONAL, ÚNICAMENTE AL INTERIOR DEL GIS “CORE”, ES DECIR EN LA ESTRUCTURACIÓN DE LOS DATOS PARA EL REGISTRO Y ADMINISTRACIÓN DE LOS ACTIVOS ESPACIALES O GEOREFERENCIADOS

3.2.2 Armonización del Modelo MultiSpeak hacia el CIM

Entre las principales semejanzas y diferencias básicas tenemos:

Semejanzas:

- ❖ Ambos se enfocan en la interoperabilidad de aplicaciones, a diferencia de las estructuras con interfaces puntuales.
- ❖ Estos modelos soportan la definición de clase, tipos simples y tipos complejos.
- ❖ Utilizan esquemas XML para la definición de mensajes.



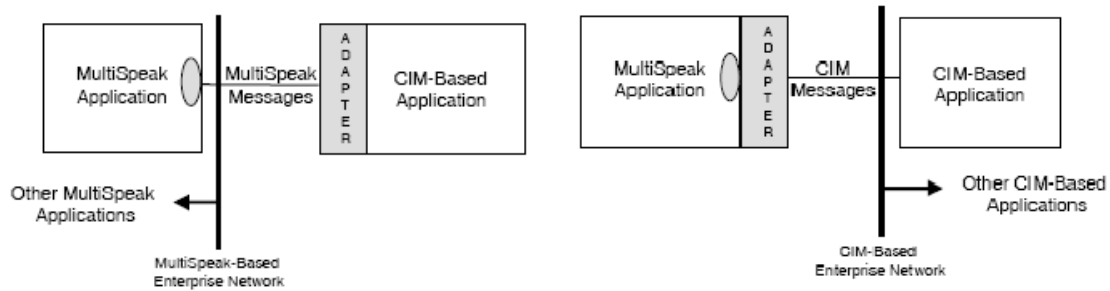
- ❖ Usan nombres y verbos para la definición de mensajes (aunque la definición de estos difieren en cada modelo)
- ❖ Emplean el lenguaje GML (Geography Markup Language) definido por el Open GIS Consortium, para la representación geográfica de información.

Diferencias Básicas:

	MultiSpeak	CIM
Administración del Modelo	El modelo es administrado usando esquemas XML (Spy)	El modelo se administra con Sparx Enterprise Architect (UML), donde se generan esquemas XML y RDFS
Identificación de Objetos	Un campo "objectId" se encuentra dentro de las clases mspObject	La nomenclatura de clases es usada para manejar nombres de prácticamente todas las clases del CIM
Relaciones	Relaciones de herencia y listas o bancos de agrupaciones	Una amplia variedad de asociaciones y agrupaciones son definidas y administradas por el modelo
Jerarquía de Clases	mspObject es la clase padre para mspSwitchingDevice, mspLineObject, mspPointObject, mspDevice y mspResultsBase, donde cada clase 'msp' puede tener subclases	Organizada usando paquetes. La clase padre es un "Power System Resource" (activos de la empresa), cuyas clases descendientes incluyen Equipment y ConductingEquipment
Conectividad	Soporta ambas conectividades, secciones orientadas (secciones, secciones padres) y nodos orientados (desde – hasta)	Los equipos conductores "Conducting Equipment" tienen terminales que están agrupadas dentro de Conectividad de nodos, no soporta la topología de secciones orientadas
Modelación de Activos	El activo se relaciona con atributos incluidos en la definición de clases de acuerdo a las necesidades, ó, a través de agrupaciones simples (ejm. Puesto de Transformación)	La implementación de un modelo de activos, donde el "Power System Resources" puede ser compuestos de una o más instancias de activos
Modelación Gráfica	mspLineObject tienen lenguaje GML líneas complejas y mspPointObject tiene ubicación y rotación en la red	Gestionada como un atributo de una instancia, puede tener múltiples representaciones

Si bien el modelo CIM se lo está adoptando en compañías eléctricas importantes, además los proveedores y desarrolladores de tecnología ahora ya cuentan con un estándar a cumplir; sin embargo, el modelo MultiSpeak puede coexistir aún en el mercado ya que está trabajando adecuadamente en algunas empresas de servicios, es por ello que se hace necesaria la armonización mencionada.

Para lo cual se requiere mapear los métodos de los “Web Services” del MultiSpeak hacia los mensajes CIM, analizar los datos y la transformación de los mismos, por último crear la capa de adaptación (CIM-Adapter) para el manejo de la transformación de datos y conversión de mensajes, conforme a las siguientes gráficas(How NRECA’s MultiSpeak® Specification Supports Interoperability of Diverse Electric Grid Automation Systems, 2008):



En las últimas publicaciones en las que se detalla el estado actual del trabajo de armonización se menciona:

- Continúa el progreso de la armonización de ambos lados.
- Los subgrupos de WG14 están revisando MultiSpeak para la incorporación en cada una de las partes definidas en la norma.
- Los esfuerzos de colaboración han sido creados y propuestos en dos grupos de estándares IEC:
 - IEC 61968-14-1: Mapping between MultiSpeak 4.0 and IEC 61968 (desde la parte 3 hasta la 10)
 - IEC 61968-14-2: A CIM profile for MultiSpeak 4.0 (desde la parte 3 hasta la 10)

3.3 Sistemas Informáticos y Arquitectura en CENTROSUR

A continuación se realiza una breve descripción de los principales sistemas que apoyan a las funciones o procesos de la distribución:

- ✓ **Sistema de Información Geográfico (GIS):** Producto ArcFM v9.3.1 de TELVENT Miner&Miner bajo la plataforma de ESRI v9.3.1 (ArcEditor + ArcGIS Server estándar) y su Geodatabase se encuentra en Oracle 11g.



Modelo de datos “MultiSpeak” con variantes mínimas, y un nivel de información desde Subtransmisión, Media y Baja Tensión hasta su relación con el cliente (alrededor del 95% clientes). Conectividad desde el arranque del alimentador “feeder” hasta el cliente, identificación de fases y definición de reglas. Actualmente existen 7 sets de licencias de edición y 1 de administración, bajo una estructura centralizada de actualización de información.

- ✓ **SigCon:** Sistema de Consultas del GIS, desarrollado en vb + MapObject, a muy corto plazo esta herramienta y el ArcIMS (publicación en internet) serán reemplazados por un desarrollo en ArcGIS Server. El SigCon está instalado en todas las áreas de la empresa.

- ✓ **Sistema de Información Comercial SICO (CIS):** El desarrollo y mantenimiento es local (en casa). El código fuente es RPG con una interface GENEXUS, sobre una plataforma AIX (Advanced Interactive eXecutive, UNIX para IBM) y base de datos DB2.

- ✓ **SCADA:** Del fabricante ELIOP. El alcance, dentro de cada subestación, es el control de todos los interruptores, el estado de éstos y de los seccionadores, alarmas del sistema de protecciones y la medición de las principales magnitudes eléctricas (100% de subestaciones automatizadas en la delimitación de este proyecto). Esta aplicación trabaja sobre una plataforma UNIX, con base de datos ORACLE y tiene una arquitectura abierta de hardware. Los equipos involucrados de control, medición y protecciones eléctricas y unidades terminales remotas se comunican, según su nivel jerárquico, con protocolos que cumplen los estándares ICCP (TASE2), IEC-870-5-101 sobre TCP/IP, DNP3.0 e IEC-61850 (este último en un suministro de IEDs en proceso de compra).

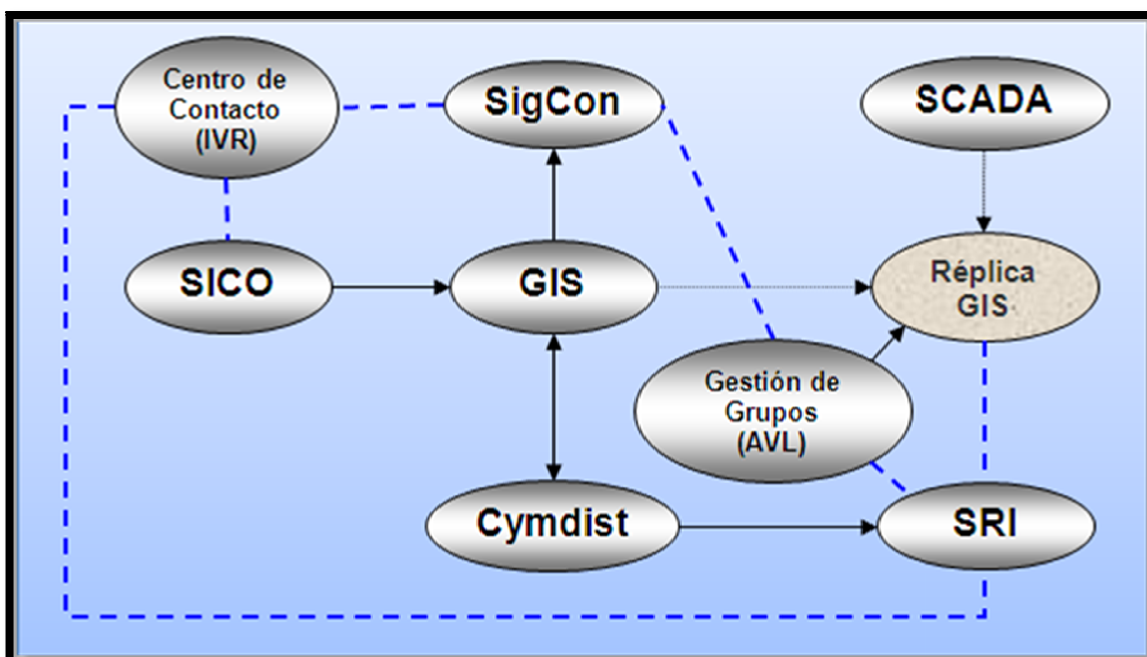
- ✓ **Sistema de Registro de Interrupciones “SRI”:** Herramienta desarrollada localmente, permite el registro de reclamos por deficiencias del suministro eléctrico o el alumbrado público; además genera los

indicadores que se reportan al ente de Regulación. El sistema OMS desplazaría a esta herramienta.

- ✓ **Sistema de Localización de Vehículos (AVL):** Rastrea la posición de los vehículos de los grupos de reparaciones, estas coordenadas se refrescan en la base de datos del GIS y su ubicación es consultada mediante ArcMap o el SigCon. Del fabricante SISNAV (Sistemas de Navegación – Quito) y el sistema de comunicación es GPRS.
- ✓ **Sistema de Respuesta de voz interactiva (IVR):** El equipamiento es Siemens y el software “altitude IVR”.
- ✓ **Software para Planificación y Confiabilidad:** Actualmente se cuenta con los simuladores DigSILENT para subtransmisión y CYMDIST (CYME) para distribución, para efectuar estudios de flujos de carga, cortocircuitos, ubicación óptima de bancos de capacitores, reconfiguración de alimentadores, coordinación de protecciones (CYMTCC), entre otros.

Esquematisando dicha arquitectura, se tiene:

FIGURA 9 ARQUITECTURA ACTUAL DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS EN CENTROSUR





A continuación se describe cada interfaz puntal entre los sistemas detallados:

- ⇒ **SICO – GIS**: Se realiza una réplica del Sistema Comercial (una tabla con campos relevantes para consultas) en la base del GIS, esto corresponde a una tarea automática programada diaria (en horas de la madrugada). Se establece esta relación a través del código del cliente, para el caso del GIS este código se lo registra y actualiza en el “Punto de Carga”.
- ⇒ **SICO – IVR**: Se le brinda información a los clientes de su deuda y determinados trámites.
- ⇒ **GIS – SigCon**: Mediante el SigCon se realizan consultas de toda la información geográfica (catastro, redes, equipos, etc.) que está almacenada en la Geodatabase; así como consultas y reportes personalizados.
- ⇒ **GIS – Cymdist**: Existe un proceso automatizado para llevar la topología de la red con los datos para la simulación en el software de análisis, luego de la simulación, determinados resultados se publican en el GIS (corrientes de carga, caídas de tensión, entre otros). Este proceso se lo realiza mensualmente, es decir los estudios se los efectúa con una red congelada en el mes.
- ⇒ **Cymdist - SRI**: A través del ID del equipo de corte/protección se totalizan los KVAs acumulados aguas abajo, para el cálculo de los actuales indicadores de calidad del servicio.
- ⇒ **GIS – Réplica GIS**: Se realiza una réplica de toda la información del GIS, con una vejez o actualización mensual, hacia el centro de operación de la Distribución.
- ⇒ **AVL – Réplica GIS**: Actualmente configurado cada 10 segundos, se refrescan las coordenadas de la ubicación de los vehículos de cada grupo de reparaciones.



- ⇒ **SCADA – Réplica GIS:** Se registran los eventos del SCADA (cambio de estado de interruptores) a esta réplica, donde existen algoritmos que a su vez cambian el estado a todos los elementos afectados, por determinado evento, aguas abajo (redes y equipos).

- ⇒ **SRI – Réplica GIS:** Con el mismo concepto anterior, se actualiza el estado de elementos afectados, localizados generalmente por notificaciones de llamadas telefónicas, donde se ejecuta un proceso a partir del código del primer elemento afectado por la interrupción.

3.4 Visión Futura en CENTROSUR

Como puede notarse la problemática actual es similar a las necesidades que se plantearon las grandes empresas eléctricas (punto 2.5.1) antes de contar con la norma IEC 61968, entre ellos la gran cantidad de consultas e interfaces puntuales entre sistemas licenciados y desarrollos locales, el oportuno intercambio de información como por ejemplo la Réplica del GIS para la operación del sistema constituye un riesgo en la toma de decisiones para reposiciones del servicio o reconfiguraciones, sobre la base de una red con una vejez de un mes.

Por otro lado el Modelo MultiSpeak a pesar de ser un estándar reconocido internacionalmente, llegó dentro del componente GIS prácticamente desapercibido, es decir nunca se analizó toda la arquitectura con la que cuenta dicho estándar.

En base a lo anterior, CENTROSUR pretende reforzar la Gestión de la Distribución fundamentada en este tipo de normas internacionales, para ello se presenta la siguiente hoja de ruta:

3.4.1 Objetivos de esta Visión

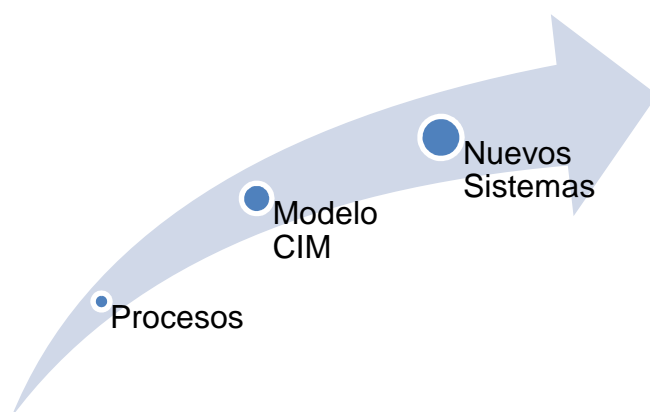
- ❖ Mejorar la Gestión de Operativa de la Distribución en la CENTROSUR, es decir fortalecer los subprocesos de la Operación y Planificación de la Operación del Sistema con la finalidad de mejorar la calidad del servicio

técnico, reducir el tiempo total de las Interrupciones y su Frecuencia, el tiempo de atención de reclamos, mejorar la planificación de la operación, eliminar la siniestralidad, entre otros

- ❖ Consolidar los procesos o funciones del negocio dentro de la Operación de la Red de Distribución, en base a estándares internacionales.
- ❖ Reestructuración del esquema organizacional con los nuevos procesos establecidos.
- ❖ Definir los nuevos sistemas críticos comerciales necesarios para soportar las funciones de distribución y comercialización de la energía eléctrica.
- ❖ Buscar la interoperabilidad entre los sistemas existentes y los nuevos sistemas, con el apoyo de recursos tecnológicos.

3.4.2 Hoja de ruta propuesta

Efectuar una reingeniería de los procesos basados en la experiencia profesional de los dueños de dichos procesos dentro de la institución y tomar referencias de buenas prácticas y estándares internacionales, tales como IEC 61968, con el fin de mejorar los actuales procesos y definir los nuevos que soportarán los sistemas de apoyo a adquirirse. Para ello utilizar metodologías tales como TOGAF, “Zachman Framework” o similares, con el fin de definir la



arquitectura empresarial de forma ordenada, es decir integrar las funciones del negocio y las tecnologías de información

Adoptar el **Modelo de Información Común CIM bajo la norma IEC 61968**,

de forma similar a como se está procediendo en la definición de los nuevos equipos para la automatización de subestaciones y alimentadores, donde se adoptó la norma IEC 61850 del mismo Comité Técnico.



Diseñar y construir la nueva Arquitectura e Infraestructura de Interoperabilidad fundamentada en el Modelo CIM, esto se analizará a detalle en los próximos capítulos. Posterior a esto, adquirir sistemas de clase mundial bajo la arquitectura establecida para la Gestión de Interrupciones y Operación de la Red “OMS/DMS”. Además se pretende abordar otros ejes tales como la Gestión de Activos y Trabajo, elaborar un proyecto piloto de medición inteligente AMI/MDM, entre otros.

CAPÍTULO 4

INTEROPERABILIDAD DE LOS SISTEMAS

Para el presente capítulo se realizará la introducción al concepto de interoperabilidad y específicamente a los roles que cumple el Modelo CIM de la norma IEC 61968, respecto a la semántica para la integración de los sistemas, con ello se pretende resolver las siguientes interrogantes: ¿Cuál es la arquitectura de interoperabilidad para la adopción de la norma? ¿Cuál es el proceso de integración? y ¿Cuál es el perfil de implementación del bus de servicios empresarial?

4.1 Introducción

Según la norma IEC 61968(IEC, 2003) un DMS consiste de varios componentes de aplicaciones distribuidas para una empresa eléctrica encargada de operar redes de distribución. Las funciones incluyen el monitoreo y control de equipos de distribución, administración de procesos para asegurar la confiabilidad del sistema eléctrico, administración de voltaje, administración de la demanda, administración de fallas OMS, administración de la topología de la red, entre otras.

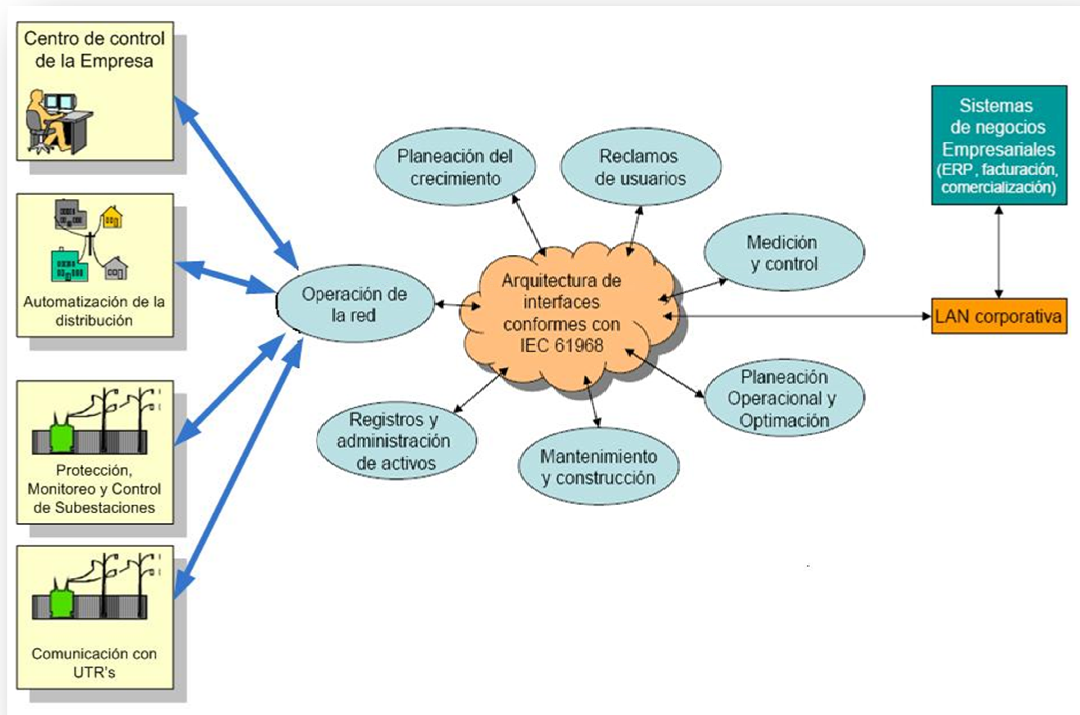
Un modelo de información es una representación abstracta y formal de los objetos, sus atributos, asociaciones con otros objetos, el funcionamiento y operaciones que se pueden realizar sobre ellos. Los objetos modelados pueden ser objetos físicos, tales como los dispositivos de una red eléctrica, o pueden ser abstractos, tales como los objetos utilizados en un sistema de información comercial. La Figura 10 muestra el alcance de las funciones y la arquitectura de interfaces definidos por la norma.

El Modelo CIM, se trata de un modelo de información para la representación de objetos del mundo real para la gestión y operación de sistemas eléctricos de transmisión y distribución, esto incluye:

- Paquetes de clases, clases de objetos, atributos y relaciones; esta modelación gráfica esta en formato “UML” (Unified Modeling Language).

- Define las interfaces para la integración de sistemas (GID Generic Interface Definition).
- Incluye la conectividad del sistema eléctrico permitiendo el intercambio de datos.

FIGURA 10 ARQUITECTURA DE INTERFACES SEGÚN IEC 61968



4.2 Categorías de Interoperabilidad y Roles del CIM

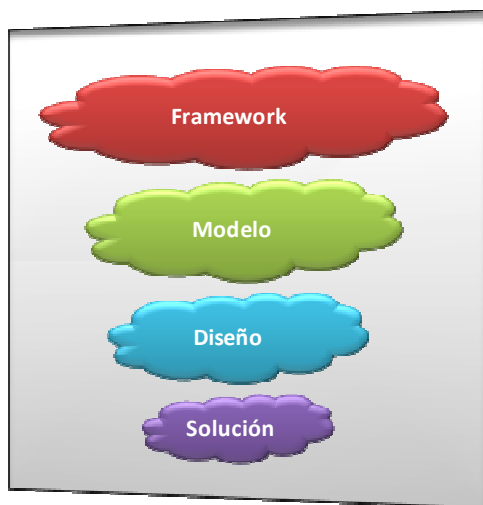
El nivel de automatización en toda la cadena del suministro eléctrico cada vez es mayor, así como la cantidad de información que se genera producto de esto, con lo cual crece la necesidad de integración de procesos, sistemas y dispositivos, generando propuestas de valor interesantes. De aquí se desprende este nuevo concepto de **Interoperabilidad** que incorpora las siguientes características:

- Intercambio de información significativa y procesable entre dos o más sistemas.
- Entendimiento compartido de la información intercambiada.
- Una expectativa acordada para la respuesta al intercambio de información.

- Un requisito de calidad del servicio: confiabilidad, fidelidad y seguridad.

Una buena definición de interoperabilidad es la capacidad de dos o más redes, sistemas, dispositivos, aplicaciones o componentes para intercambiar información entre ellos y utilizar o consumir la información intercambiada.

Para permitir dicha interoperabilidad, el (GridWise Architecture Council, 2008) propone un entorno o marco de trabajo “**Framework**” para organizar los conceptos y terminología para identificar y debatir los problemas de interoperabilidad.



Como se muestra en la gráfica el “Framework” proporciona una perspectiva en un nivel superior, esto es, un nivel de organización, lo cual corresponde un nivel más amplio, conceptual y brinda el contexto para un mayor detalle de los aspectos técnicos de la interoperabilidad.

Mientras que un “Modelo” (Arquitectura) identifica un espacio del problema en particular y define un análisis de requerimientos independientemente de la tecnología.

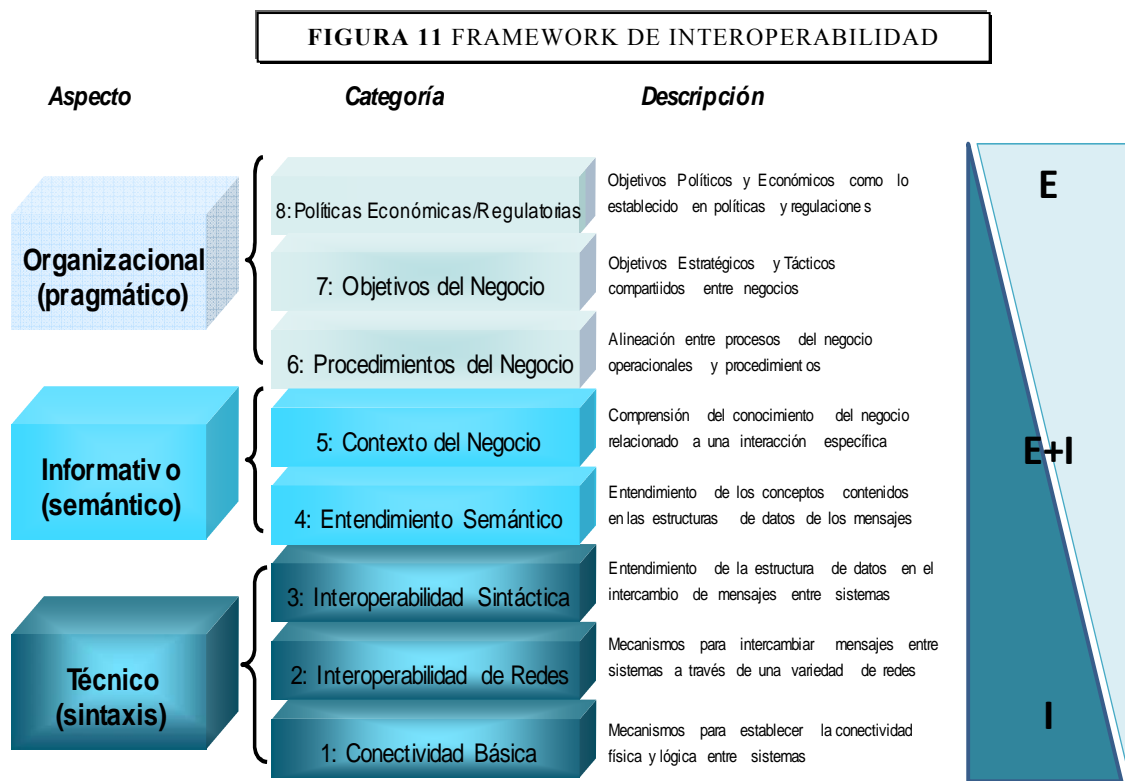
El “Diseño” modela mapas de requerimientos dentro de una particular familia de soluciones basadas en estándares y enfoques técnicos.

Finalmente una “Solución” manifiesta un diseño para un particular vendedor de tecnologías de software, asegurando la adherencia a los diseños, modelos y marcos de trabajo.

La intención de este Framework de interoperabilidad es proporcionar un contexto para la identificación de los problemas de interoperabilidad y promueve acciones para que la complejidad de estas integraciones se facilite, con esto proporciona una categorización de varias capas de interés y el entendimiento de estas capas permitirá alcanzar la interoperabilidad deseada. Dichas capas abarcan desde los detalles de la tecnología utilizada, el

entendimiento de la información intercambiada, hasta los procesos y los objetivos de la organización que son representados en el negocio, políticas económicas y regulatorias; tal como lo resume la Figura 11.

Adicionalmente el Framework destaca la interdependencia que existe entre la infraestructura eléctrica (E → Electricidad) con la infraestructura de las tecnologías de información (I → Información), dando lugar a un E+I. Lo cual da el soporte a la comparación, alineación y armonización de los aspectos técnicos con el acompañamiento de la gestión de procedimientos y procesos del negocio.



4.2.1 Roles del CIM

Los Roles del CIM se focalizan en el entendimiento de las siguientes categorías:

- ⇒ **3. Interoperabilidad Sintáctica:** se refiere al entendimiento de las reglas que regulan el formato y la estructura para la codificación de la información intercambiada entre partes transaccionales. Al igual que la sintaxis del lenguaje natural, los documentos, párrafos y oraciones contienen palabras



que cumplen las reglas y estructuras para la descomposición mental del lector. La sintaxis correcta permite la descomposición del contenido, esto no significa que dicho contenido tenga algún sentido. Ejemplos de estándares comunes de interoperabilidad sintáctica son el XML, HTML, SOAP, etc.

- ⇒ **4. Entendimiento Semántico:** en la construcción de un lenguaje común, no es suficiente el solo entender la sintaxis o gramática, se debe entender también la definición de las palabras. De lo contrario, se podría crear oraciones sin sentido, a pesar que gramaticalmente sean correctas. Con ello, surge la necesidad que existan reglas que gobiernan la definición de las cosas, conceptos y sus relaciones entre sí, para definir un “modelo” de información que represente el mundo real. Un modelo por lo general se enfoca a un dominio específico, por ejemplo la construcción, los sistemas de energía eléctrica, etc.

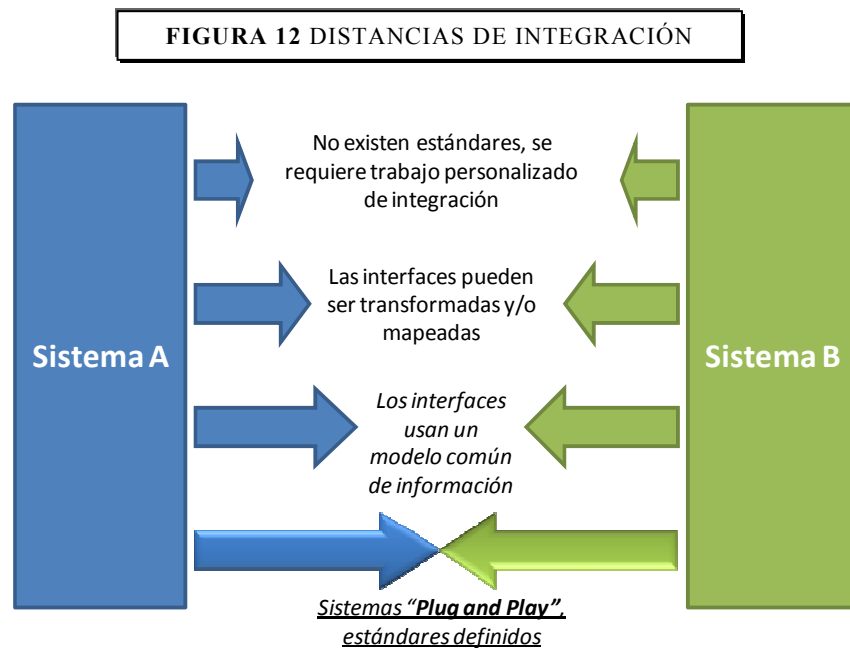
Los modelos de información son comúnmente expresados en una forma orientada a objetos en términos de clases, atributos y relaciones. Un ejemplo de estos modelos es justamente la creación del CIM para los dominios de la Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización de la energía eléctrica en sus normas IEC 61970/61968; otros ejemplos son los modelos de objetos basados en esquemas XML, Arquitectura Unificada OPC, la norma IEC 61850 para la automatización de subestaciones, etc.

- ⇒ **5. Contexto del Negocio:** los modelos de información pueden ser demasiados grandes, que describen todos los aspectos de una organización, justamente esta generalidad es su fortaleza ya que se diseñan para soportar distintas aplicaciones de forma integral. La idea de establecer un “contexto del negocio” se refiere a restringir y refinar los aspectos de un modelo de información relevantes a los específicos procesos del negocio en cuestión. Estas restricciones pueden incluir los roles de los actores involucrados en la interacción así como las reglas y restricciones de la información intercambiada, adicionalmente incluye el conocimiento relacionado a la interacción de los procesos, es decir, es el puente entre el entendimiento de la semántica y los procedimientos del

negocio. En la práctica, el contexto del negocio a menudo contiene capas y mapas para un dominio basado en la semántica del modelo de información a la vez que añade la estructura y restricciones para el *workflow* y reglas del negocio para una aplicación en particular.

Un ejemplo de ello puede ser el contexto de una “planificación operacional”, con el fin de restablecer el suministro eléctrico luego de una interrupción, el contenido de esta planificación se mapea desde el CIM, es decir se extrae lo relevante para ello, en este caso nos interesa el modelo de redes de un sistema de información geográfico, los estados y datos de medición de un SCADA, la información eléctrica de activos necesarios para la simulación; además los atributos y reglas son agregadas, por ejemplo el campo del alimentador, las fases y restricciones operacionales.

4.2.2 Distancias de Integración



Un objetivo común, dentro de la interoperabilidad, es el entendimiento del concepto de “plug and play”. La gráfica destaca las distancias de integración entre dos sistemas A y B, desde que no existen estándares, donde se requiere



un trabajo personalizado de integración, hasta que los sistemas son “Plug and Play”, para este caso ya existen estándares definidos a partir de un modelo común de información y la distancia de integración prácticamente es nula. Conseguir esto último, dentro del negocio de la electricidad, donde existe una variedad de sistemas y tecnologías, no es tarea fácil, en muchas situaciones complejas no es práctico especificar los estándares a este nivel de detalle.

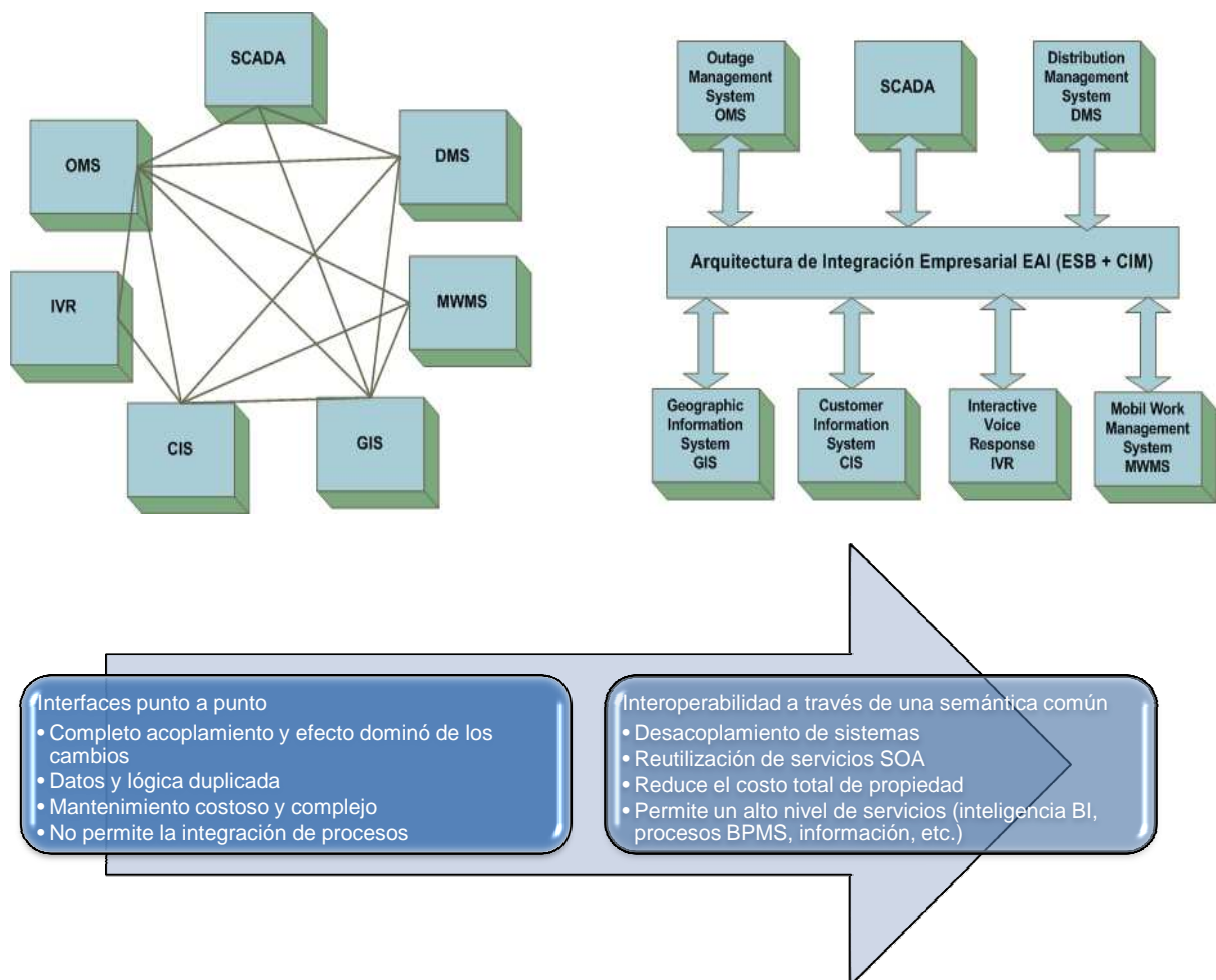
El buscar la reducción de las distancias de integración, para mejorar la interoperabilidad, tiene un impacto directo en los costos de instalación e integración; sin embargo, crea puntos bien definidos dentro en un sistema de componentes automatizados y negocios empresariales, facilitando el reemplazo o la conexión de nuevos componentes, con un esfuerzo mínimo, preservando el funcionamiento del sistema integrado.

Los estándares o las mejores prácticas pueden ser utilizados para reducir dicha distancia. Entre las técnicas que pueden reducir esta distancia, incluyen:

- Utilizar el CIM como el modelo común de información para la integración
- Utilizar estándares de software de propósito general y tecnologías cuando sea procedente (SOA, XML, etc.)
- Minimizar la cantidad de código personalizado, buscando herramientas de última generación que permitan la integración mediante “configuración” en lugar de “código”.

En resumen, la transición o evolución de la actual integración punto a punto del intercambio de información hacia el concepto de interoperabilidad se detalla en la Figura 13, para esto se han utilizado algunos sistemas empresariales típicos de la Gestión de la Distribución.

FIGURA 13 INTERFACES PUNTUALES VS. INTEROPERABILIDAD



4.3 Modelo de Referencia de Interfaces “IRM”

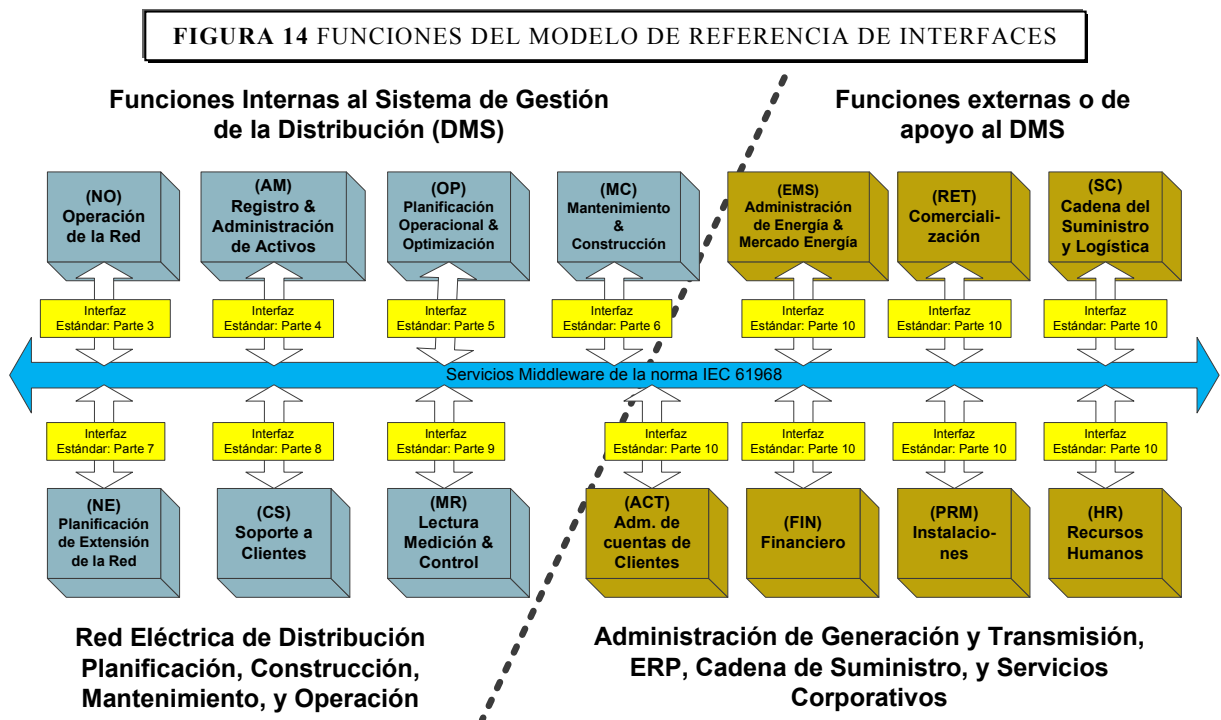
La Gestión de la Distribución puede ser organizado como dos tipos de negocios interrelacionados: el suministro eléctrico y la distribución eléctrica. El suministro eléctrico corresponde a la compra de energía eléctrica en bloque a los generadores para luego vender a los clientes individuales. La Distribución eléctrica cubre la administración de la red física de distribución que conecta a generadores o sistema interconectado de transmisión y clientes.

Un dominio de una empresa eléctrica incluye los sistemas de software, equipamientos, personal y clientes de una simple organización empresarial, lo cual puede ser un área o departamento. Se espera de que cada dominio de la empresa pueda ser identificado de forma unívoca.

4.3.1 Funciones

Varios departamentos dentro de una empresa eléctrica colaboran para realizar la operación y administración de la red de distribución eléctrica, a dicha tarea se le denomina “Gestión de la Distribución”. Mientras que otros departamentos de la organización pueden soportar funciones sin que tengan una responsabilidad directa o externas para la gestión de la distribución. Esta segmentación por funciones es definida por el Modelo de Referencia de Interfaces IRM (Interface Reference Model).

La utilización de un modelo relacionado al negocio debe garantizar la independencia con los proveedores de soluciones de sistemas. La Figura 14 identifica las funciones de la categorización a nivel superior definidas en el IRM:



4.3.2 Sub-Funciones y Componentes

No es la intención de esta norma (IEC, 2003) definir las aplicaciones y sistemas que los vendedores deben producir. Se espera que una concreta aplicación (física) proporcione la funcionalidad de uno o más componentes abstractos (lógicos) que se detallan en esta norma. Estos componentes abstractos son



agrupados por las funciones del negocio del modelo de referencia de interfaces.

En esta norma, el término del componente abstracto se utiliza para referirse a la parte de un sistema de software que soporta una o varias de las interfaces definidas en las partes de la norma IEC 61968 (3 a 10). No significa necesariamente que un software compatible es deliberado en forma de módulos independientes conforme al IRM.

En el **Anexo 2**, se presenta el detalle de la categorización de las Sub-Funciones y los Componentes Abstractos definidos en el IRM para las Funciones internas.

4.4 Arquitectura y Perfiles de Interfaces

La (IEC, 2003) describe los requerimientos necesarios de la infraestructura de las aplicaciones empresariales para la integración de componentes distribuidos dentro de la empresa. Los servicios y la funcionalidad descritos son independientes de la infraestructura subyacente basada en componentes.

4.4.1 Arquitectura de Interfaces

Se define como “evento” a una unidad de intercambio de información que se emite de forma asincrónica por su fuente (“push”). Un “componente” es un módulo de una aplicación de software, el cual es un componente de integración al bus, ya sea como publicador o suscriptor (receptor) del intercambio de información. Por otro lado, en informática se define al término interfaz (del inglés “interface”) como un dispositivo conectado entre dos máquinas o entre dos soportes de programas que permiten el intercambio de datos mediante la adopción de reglas comunes físicas o lógicas.

Los procesos del negocio inician con la identificación de la información a ser intercambiada y los componentes involucrados. Esto típicamente involucra un publicador que tiene la información e inicia el intercambio, y cero a muchos suscriptores que recibirán la misma.



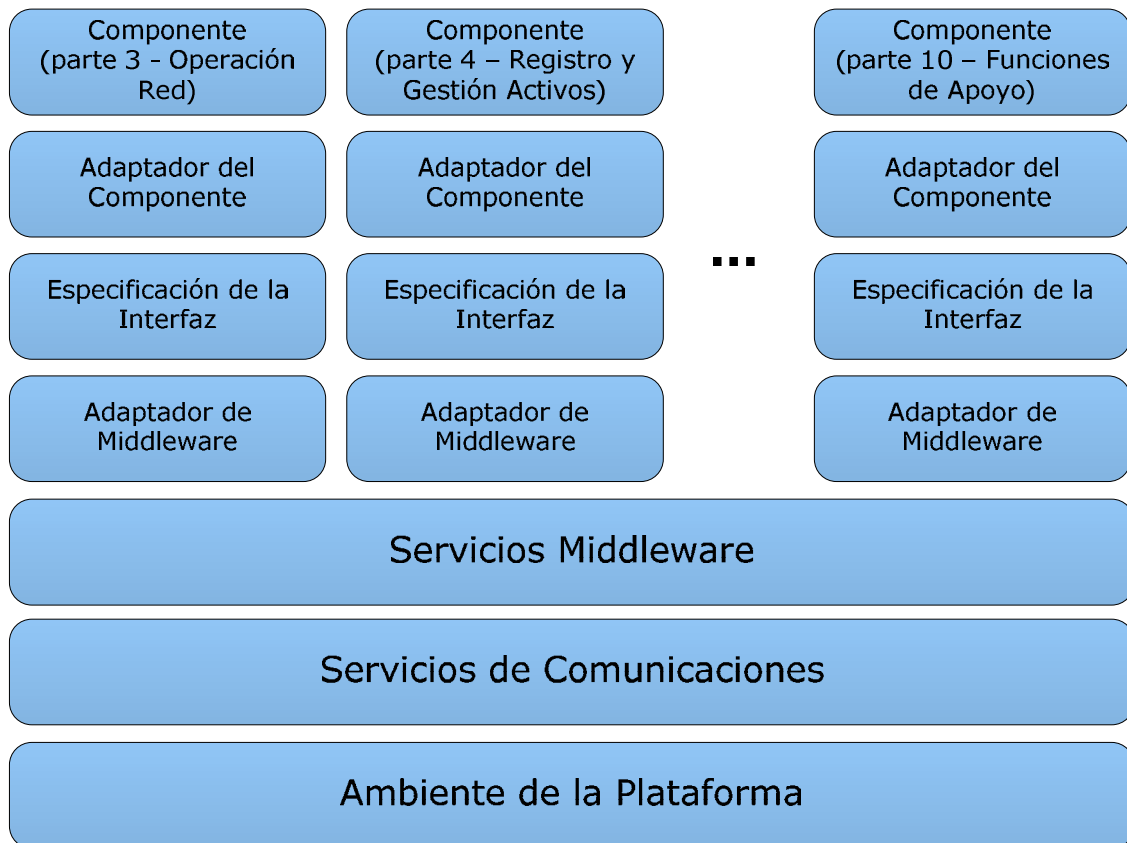
La IEC 61968 requiere que la infraestructura de aplicaciones de una empresa eléctrica cumpla con:

- a) Permitirá a los componentes el intercambio de información de complejidad arbitraria.
- b) Deberá ser capaz de ser implementado utilizando varias formas de tecnologías de componentes distribuidos (por ejemplo CORBA “Common Object Request Broker Architecture”, DCOM “Distributed Component Object Model”, mediación de mensajes, mensajes orientados *middleware*, base de datos relacionales, base de datos orientados a objetos, u otros).
- c) Proporcionará un modelo de intercambio de información que los usuarios puedan describir la información a ser intercambiada. Esto permite presentar al usuario con el modelo de eventos y los componentes para los cuales son relacionados, y permite adicionar nuevos datos a los antiguos, a fin de que un comprensible modelo corporativo, se adapte a las necesidades específicas de una empresa eléctrica, en lugar de construir un modelo independiente.
- d) Permitirá que un componente publicador y/o suscriptor se despliegue de forma independiente de los otros componentes, siempre que las interfaces sean las mismas.
- e) Asegurará que, una vez que un determinado tipo de evento se publica, componentes adicionales que están suscribiéndose puedan ser configurados para recibir el evento sin tener que realizar cambios o adiciones en el componente publicador.

Para ayudar a la identificación gráfica de la información a compartir entre los departamentos y sistemas, se utilizan los Casos de Uso y Diagramas de Secuencia, que serán analizados en los siguientes capítulos.

4.4.2 Perfiles de Interfaces

La gráfica resume los perfiles de interfaces, luego se detallarán las definiciones de cada uno:



Componente:

Son piezas pre-compiladas de códigos de aplicación que pueden ser combinadas con otros componentes para construir rápidamente aplicaciones personalizadas. El alcance de un componente puede ser ilimitado, es decir realizar cualquier función de la gestión de la distribución, sin embargo la categorización de funciones del IRM, en la sección anterior, es lo que típicamente se clasifica.

El intercambio de información entre componentes bien puede ser ciertos datos o ejecución de funcionalidades, para este propósito es necesario un “servicio”, donde existirán productores y los consumidores de los mismos (esto se analizará con mayor detalle en la siguiente sección).

Para ello debe existir una interfaz que permita a la aplicación invocar sus funciones y acceder a los datos del componente. El modelo del componente define la estructura de las interfaces. Entre los modelos aceptados por la industria de software están: Enterprise Java Beans (EJB), CORBA, COM/DCOM, Web Services y .NET.



Adaptador del Componente:

Corresponde a una pieza de software que habilita las aplicaciones de software que no son compatibles para utilizar los servicios. Permite “mapear” las interfaces estándares de un componente. Puede adaptar protocolos, acondicionar datos, integrar esquemas de seguridad, transacciones y persistencia en caso de que no los provea de forma nativa.

Especificación de la Interfaz:

Los requerimientos de la especificación de la interfaz de acuerdo a la norma consisten en tres partes: especificación de los componentes, requerimientos que hacen referencia a los servicios específicos del dominio de la gestión de la distribución y requerimientos de servicios que son comunes dentro de entornos informáticos distribuidos basados en componentes (analizado con mayor detalle en la siguiente sección).

Adaptador de *Middleware*:

El *Middleware* describe un conjunto de productos de software que funcionan como una capa de integración, conversión y/o traducción, es decir es una capa de abstracción de software distribuida que se sitúa entre las capas de aplicaciones y las capas inferiores (sistema operativo y red). Proporcionan interfaces genéricas para eventos, mensajes, acceso a datos, transacciones, etc. Ofrece un conjunto de servicios que hacen posible el funcionamiento de aplicaciones distribuidas sobre plataformas heterogéneas (redes de comunicaciones, sistemas operativos y lenguajes de programación).

Un adaptador de *Middleware* en la norma IEC 61968 es un software que cumple un perfil, que aumenta los actuales servicios *middleware*, de manera que la infraestructura de inter-aplicaciones de la empresa eléctrica soporta los servicios requeridos. Como tal, el adaptador *middleware* solo va tan lejos como sea necesario en la construcción del conjunto de servicios *middleware* conforme a los requerimientos de una o más especificaciones de interfaces de las partes 3 en adelante de la serie 61968. En este contexto, los servicios *middleware* no representan una única interfaz, sino representan un conjunto de interfaces para un conjunto de servicios correspondientes a los componentes.



Servicios Middleware:

La información intercambiada entre los componentes puede ser realizada dentro del mismo proceso, a través de un proceso sobre la misma máquina local y entre máquinas remotas. Los intermediarios “*brokers*” de solicitudes de objetos por lo general soportan diferentes patrones de comunicación, por ejemplo una interacción sincrónica o asincrónica. La suscripción se refiere a la capacidad para leer y modificar objetos en momentos cíclicos o eventos. La mensajería cubre las características como almacenamiento y reenvío, persistencia de los mensajes y la entrega garantizada.

Los servicios *middleware* proporcionarán un conjunto de APIs para que las capas previas en el perfil de interfaz, entre otras cosas puedan:

- a) Localizar transparentemente a través de la red e interactuar con otras aplicaciones o servicios
- b) Ser independientes de los servicios de comunicaciones
- c) Ser confiable y disponible
- d) Ampliar en capacidad sin perder la funcionalidad
- e) Proporcionar la capacidad para soportar transacciones entre negocios cuando sea necesario “B2B” (business-to-business)

Servicios de Comunicaciones:

La integración de dos componentes requiere una conexión entre ellos. Como existe más de un tipo de red, diferentes recursos utilizan distintos protocolos, tales como IIOP (Internet Inter-ORB Protocol) y HTTP (Hyper text Transfer Protocol). Para conectar múltiples componentes, un sistema de integración debe hacer compatible las diferencias de la red y protocolos de forma transparente hacia los componentes. Con ello la IEC 61968 requiere que los servicios de comunicación:

- a) Garanticen la entrega de mensajes de red a sus destinatarios
- b) Proporcionen la entrega garantizada, asegurando que los mensajes en la red son enviados exactamente una vez, independientemente de las fallas o cambios en la red.



- c) Proporcionen un ordenamiento garantizado, preservando la secuencia de envío de la fuente cuando se envían mensajes, independientemente de las fallas o cambios en la red.
- d) Garanticen que si un mensaje en la red no puede ser enviado a su destinatario, la fuente reciba un mensaje indicando su no entrega.
- e) Proporcionen una calidad del servicio seleccionable para priorización de mensajes o envío a través de rutas de red específicas.
- f) Proporcionen la adaptación dinámica a la velocidad de procesamiento de mensajes por el destino de la red, para permitir que destinos lentos trabajen en los servicios.

Ambiente de la Plataforma:

Los servicios se basan en plataformas estándares de hardware y software. Diferentes plataformas de hardware y sistemas operativos de distintos vendedores tienen que ser considerados, pues no se puede esperar que un componente funcione en un ambiente o entorno de hardware dedicado (procesador, sistema operativo, lenguaje y compiladores), sino que debe ser capaz de funcionar también en otro ambiente de hardware sin modificaciones. La IEC 61968 requiere que el ambiente de hardware:

- a) Soporte múltiples procesos locales ejecutados al mismo tiempo sin importar si esto se logra en un solo o múltiples procesadores de hardware.
- b) Soporte las comunicaciones entre procesos concurrentes.
- c) Debe estar protegido por las otras capas en el perfil de interfaz

4.5 Tecnologías de Integración

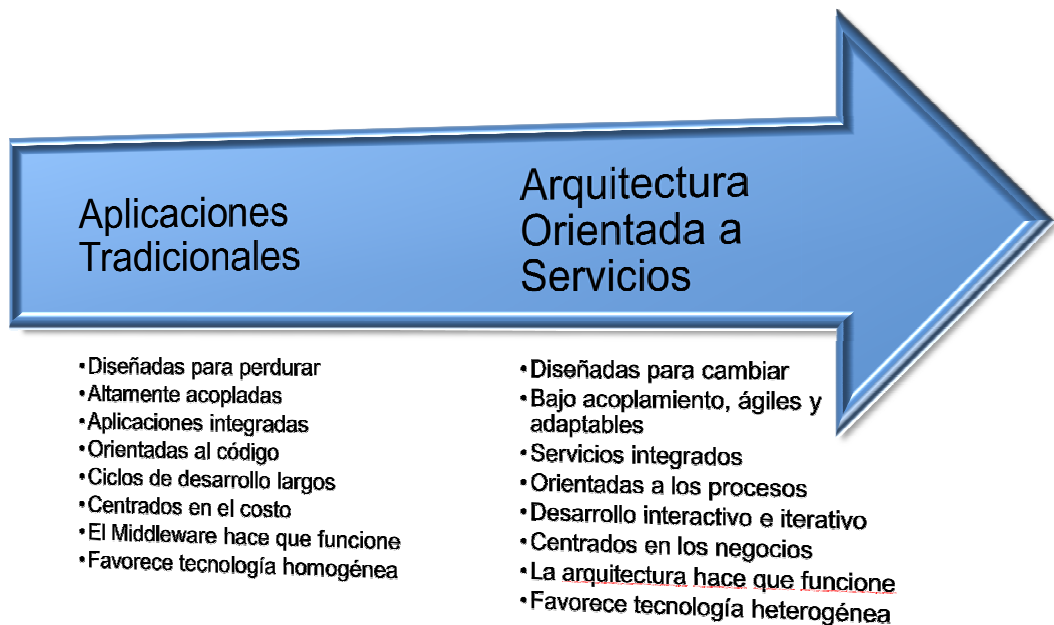
Se presentará una revisión muy general de las tecnologías de información que pueden ser utilizadas con el CIM.

4.5.1 Arquitectura Orientada a Servicios “SOA”

SOA hoy en día tiene una amplia aceptación en las tecnologías de integración, obedece a un concepto de arquitectura de software que define la utilización de

servicios para dar soporte a los requisitos del negocio. El término **servicio** se refiere a la encapsulación de los procesos del negocio en una interfaz atómica que se puede activar remotamente. Una característica clave de este enfoque es que los servicios son independientes de los sistemas operativos, plataformas y lenguajes de implementación. Con ello, SOA no es un producto que se puede comprar a un proveedor, sino es un “framework” y directrices para una arquitectura de software.

A continuación se detalla las principales características respecto a una Arquitectura Tradicional:



Entre los principios básicos de los servicios se describen los siguientes:

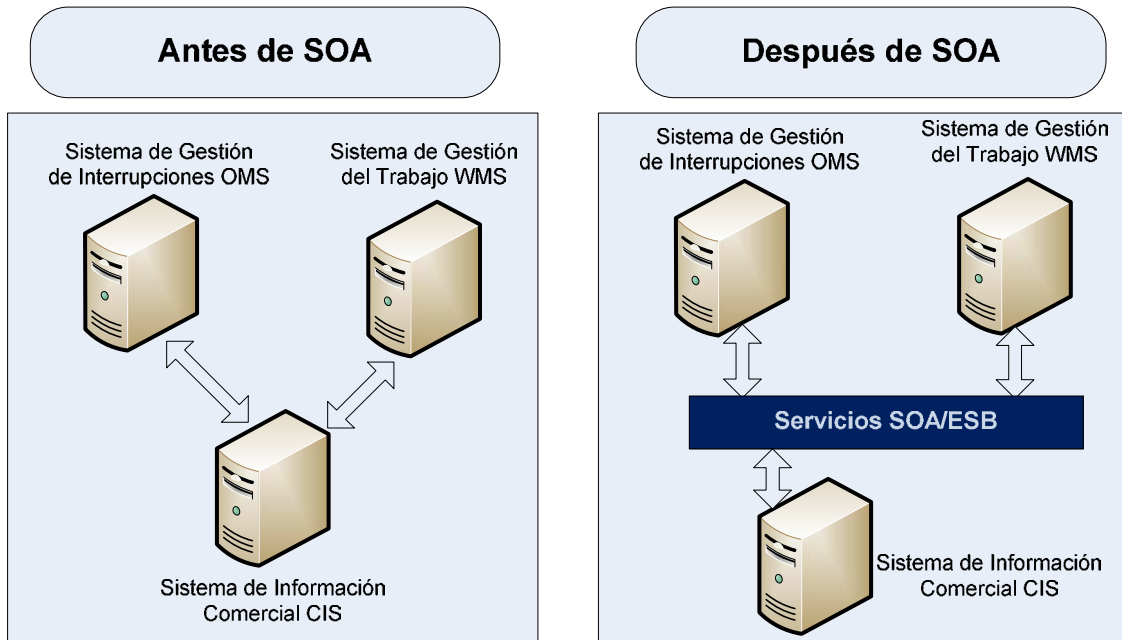
PRINCIPIO	DESCRIPCIÓN
Reutilizables	Todo servicio debe ser diseñado y construido pensando en su reutilización dentro de la misma aplicación, dentro del dominio de aplicaciones de la empresa o incluso dentro del dominio público para su uso masivo
Proporcionar un control formal	Todo servicio desarrollado, debe proporcionar un contrato en el cual figuren: el nombre del servicio, su forma de acceso, las funcionales que ofrece, los datos de entrada de cada una de las funcionalidades y los datos de salida. De esta manera, todo consumidor del servicio, accederá a éste mediante el contrato, logrando así la independencia entre el consumidor y la implementación del propio servicio
Tener bajo	Es decir, que los servicios tienen que ser independientes los



acoplamiento	unos de los otros. Para lograr ese bajo acoplamiento, lo que se hará es que cada vez que se vaya a ejecutar un servicio, se accederá a él a través del contrato, logrando así la independencia entre el servicio que se va a ejecutar y el que lo llama. De esta manera serán totalmente reutilizables
Permitir la composición	Todo servicio debe ser construido de tal manera que pueda ser utilizado para construir servicios genéricos de más alto nivel, el cual estará compuesto de servicios de más bajo nivel
Deben ser autónomos	Todo servicio debe tener su propio entorno de ejecución. De esta manera el servicio es totalmente independiente y nos podemos asegurar que así podrá ser reutilizable desde el punto de vista de la plataforma de ejecución
NO deben tener estado	Un servicio no debe guardar ningún tipo de información. Esto es así porque una aplicación está formada por un conjunto de servicios, lo que implica que si un servicio almacena algún tipo de información, se pueden producir problemas de inconsistencia de datos. La solución, es que un servicio sólo contenga lógica, y que toda información esté almacenada en algún sistema de información sea del tipo que sea
Deben poder ser descubiertos	Todo servicio debe poder ser descubierto de alguna forma para que pueda ser utilizado, consiguiendo así evitar la creación accidental de servicios que proporcionen las mismas funcionalidades

XML se utiliza mucho en SOA para crear mensajes de datos desde y hacia estos servicios. Los servicios pueden empaquetarse y exponerse a los usuarios de las aplicaciones por WSDL (Web Services Definition Lenguaje) y los protocolos de comunicación que son parte de SOAP (Simple Object Access Protocol).

A continuación se describe como ejemplo a un Sistema de Información Comercial "CIS" con la implementación de la Arquitectura SOA y un bus de servicios empresarial ESB, interoperando con dos sistemas dentro de una empresa eléctrica, los sistemas de Gestión de Interrupciones "OMS" y Gestión del Trabajo "WMS".



4.5.2 Bus de Servicios Empresarial "ESB"

El ESB es una tecnología que le permite conseguir una coherente Arquitectura de Integración Empresarial (EIA). El ESB es una infraestructura de software que proporciona integración de aplicaciones y la reutilización flexible de los componentes del negocio dentro de SOA. La palabra "bus" se refiere al bus físico que transporta datos entre aplicaciones y actúa como un intermediario de mensajes entre las aplicaciones, como resultado de esto se reducen las conexiones punto-a-punto entre aplicaciones. El ESB no implementa una arquitectura SOA, pero proporciona la capacidad para aplicar o implementar SOA.

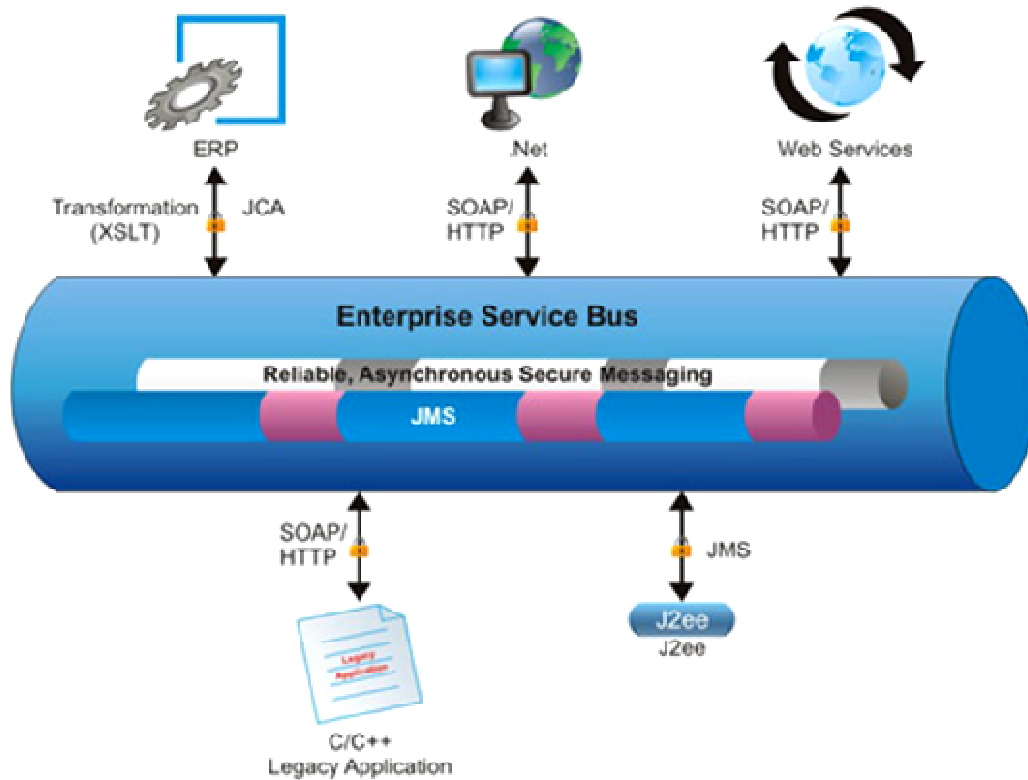
Un ESB generalmente proporciona una capa de abstracción construida sobre una implementación de un sistema de mensajería empresarial, que permita a los arquitectos en integración explotar el valor del envío de mensajes sin necesidad de escribir código. Un ESB es una plataforma de integración basada en estándares que es una combinación de varios tipos de paradigmas de mensajes, servicios web, la transformación, enrutamiento y operaciones confiables. Entre las funciones típicas de un ESB tenemos:



Categoría	Función
Invocación	Soporte para protocolos de transporte síncrono y asíncrono, mapeo de servicios (localización y emparejamiento)
Enrutamiento (Routing)	Addressability, encaminamiento estático/determinista, encaminamiento basado en contenidos, encaminamiento basado en normas, encaminamiento basado en políticas
Mediación	Adaptadores, transformación de protocolos, mapeo de servicios
Transmisión de mensajes	Procesamiento de mensajes, transformación de mensajes y mejora de mensajes
Coreografía de procesos	Implementación de procesos de empresa complejos
Orquestación de servicios	Coordinación de múltiples servicios de implementación presentados como un único servicio agregado
Procesamiento de eventos complejo	Interpretación de eventos, correlación, emparejamiento de patrones
Otros servicios de calidad	Seguridad (cifrado y firma), entrega confiable, administración de transacciones
Administración	Monitorización, auditoría, registro, medición, consola de administración, BAM ("Monitorización de la actividad empresarial").

La tecnología ESB se basa en un buen número de diferentes estándares de TI incluyendo las siguientes:

- Java Message Service (JMS)
- SOAP y servicios web API
- XML
- XSLT, XPath y XQuery transformaciones de datos
- Web Services Description Language (WSDL)

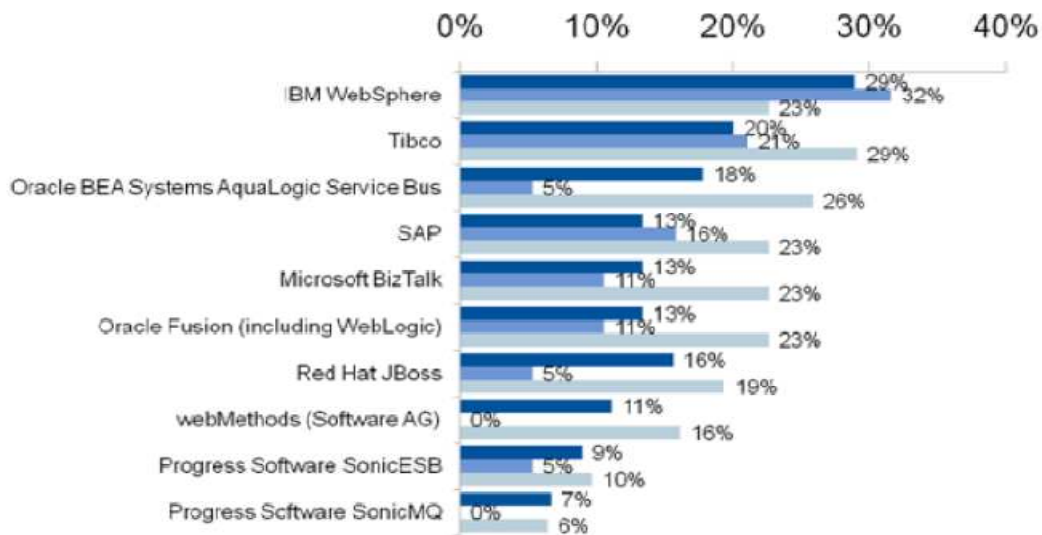


La propuesta de la IEC 61968-1-1 “Enterprise Service Bus Implementation Profile” define un enfoque específico para la integración de aplicaciones utilizando el CIM y un ESB. El documento abarca temas como los modelos de integración ESB, la estructura de los mensajes comunes, el uso de SOAP, y el uso de cadenas, colas o tópicos. El documento también incluye ejemplos de XML y WSDL.

En el documento (EPRI, 2010), se evalúan determinados *buses* comerciales con determinados criterios con el fin de brindar una guía para la selección e implementación del ESB y el CIM en las empresas eléctricas. Los *buses* evaluados son los siguientes:

- ❖ IBM WebSphere
- ❖ Microsoft BizTalk
- ❖ Oracle BEA Systems (Aqua Logic Service Bus)
- ❖ Red Hat JBoss (Open Source)
- ❖ SAP PI
- ❖ Tibco EMS
- ❖ webMethods (Software AG)

Por otro lado, EPRI y Gartner realizan una encuesta de la Adopción del CIM por Empresas Eléctricas “Utilities”, Consultores, Proveedores e Integradores de Sistemas. Una de las consultas es cuál ESB comercial utilizan para la mensajería CIM-Based, obteniendo los siguientes resultados:



CAPÍTULO 5

MODELO PROPUESTO

En el presente capítulo se realizará la introducción del Modelo CIM, se analizará la definición del modelo de jerarquías, es decir los paquetes, clases, atributos y relaciones de los componentes definidos en el modelo, con ello se plantean las siguientes interrogantes: ¿Cómo es el Modelo de Información Común definido en las normas IEC 61970/61968? ¿Cuáles son sus componentes? ¿Es posible extenderlo?

5.1 Historia del CIM

El Modelo de información común se creó originalmente para resolver el problema de vendedor llave en mano “lock-in” creado por el Sistema de Gestión de Energía (EMS)(EPRI, 2008), estos vendedores que sirven al mercado de los servicios públicos (Utilities). Esta cerradura causa grandes dificultades para las empresas, ya que requieren grandes inversiones de tiempo y dinero para comprar y mantener sus Sistemas de Gestión de la Energía. Las mejoras eran generalmente posibles mediante la sustitución de todo el EMS. En este entorno, una vez que un proveedor de EMS fue seleccionado, la empresa se veía obligada a comprar todas las aplicaciones del mismo fabricante y por lo general las aplicaciones estaban disponibles en paquetes “todo o nada”.

Se creía que esta cerradura “lock-in” fue causada por el hecho de que cada proveedor EMS crearon sus aplicaciones utilizando tecnologías tales como bases de datos propietarias y sistemas de mensajería dentro de su aplicación.

La visión del CIM fue permitir que las aplicaciones de los vendedores se desarrollen y se vendan en piezas o módulos del EMS por separado que podrían interconectarse. Esto permitiría a los vendedores competir sobre un nivel de aplicación y ofrecer espacio para que surjan nuevos vendedores que puedan ofrecer una o dos aplicaciones EMS. También permitiría a los



compradores a sustituir las aplicaciones individuales con el tiempo, eliminando la necesidad de reemplazos total.

Para alcanzar esta visión, se conceptualizó que las aplicaciones tienen que intercambiar información de manera que no estén atados a una tecnología específica. Y lo más importante, es que el intercambio de datos sea de tal forma donde el contenido de datos sea universalmente entendido por ambas partes.

- ❖ **Año 1992:** Las raíces del CIM se remonta a varios proyectos patrocinados por el EPRI, el primer proyecto fue el Centro de Control de “Application Programming Interface” (CCAPI). Este proyecto fue un intento de producir un conjunto de programación de interfaces comunes de aplicaciones (APIs) que podría ser provista y utilizada por los vendedores para comunicar información entre las aplicaciones, potencialmente proporcionadas y utilizadas por diferentes vendedores.

- ❖ **Años 1993 a 1996:** Con el tiempo, mientras se trabajaba en este problema, se hizo evidente que contar con una definición común de los datos que están siendo pasados entre estas aplicaciones era un componente fundamental para cumplir dicha visión del trabajo. Es aquí donde el concepto de contar con un modelo común de información, se determinó primero como un problema fundamental que había que resolver. Era cada vez más evidente que las API son típicamente vinculadas a tecnologías específicas. Por lo tanto, sería muy difícil lograr que los vendedores y los usuarios que han realizado inversiones significativas en tecnologías específicas puedan acordar un conjunto de APIs. Por estas razones, la atención se desplazó fuera de las APIs y hacia la definición de lo que se llama un **modelo de información**.

- ❖ **Año 1996:** A medida que la investigación avanzaba y se empezó a producir un modelo de información concreto, el siguiente paso era fomentar su uso entre los vendedores. Sin vendedores que utilizan el modelo de información, la visión no podría lograrse. Una forma de hacerlo era tomar el modelo de



información y convertirlo en una norma internacional. Una vez que sea estándar, sería más fácil para vendedores, usuarios y consultores a fin de promover el uso del CIM, simplemente haciendo referencia a la norma. Esto podría hacerse en muchos foros, solicitudes de propuestas RFP (Requests for Proposals) que se publican a vendedores, artículos en revistas especializadas y publicaciones de promoción por los vendedores anunciando el cumplimiento de la norma. Finalmente, se percibió que los vendedores deberían construir sus productos utilizando el estándar y que los objetivos originales de la apertura de aplicaciones “llave en mano” de proveedores del mercado se lograrían.

Por esta razón, los esfuerzos del CIM fueron iniciadas por la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC). El comité técnico establecido para transformar al modelo de información en una norma se conoce como el Comité Técnico 57 (TC 57): Sistemas de Gestión de energía y el intercambio asociado de información, descrito en la sección 2.5.1. Inicialmente, los siguientes proyectos de normas se presentaron a la IEC:

- Common Information Model (CIM): Modelo de Información Común
 - Generic Interface Definition (GID): Definición de interfaces Genéricos
 - Common Power System Model (CPSM): Modelo de Sistema de Potencia Común
- ❖ **Año 2000:** La “North American Electric Reliability Council” (NERC) ordenó la implementación del CIM para los “Security Coordination Centers” (SCCs) para el intercambio de modelos de los sistemas eléctricos de potencia en un formato estándar XML de los distintos sistemas EMS. Esta iniciativa nace de la necesidad de mejorar la confiabilidad y evitar las interrupciones no planificadas en Norte América. En este año se realiza el primer Test de Interoperabilidad, promovido por EPRI, “The Power of the CIM to Exchange Power System Models”. En dicho test participan 7 diferentes proveedores y el objetivo fue fomentar la rápida adopción del estándar.



- ❖ **Año 2003:** ISO/RTO Council y EPRI patrocinan una iniciativa de extender el CIM dentro del dominio de las Operaciones del Mercado, además las extensiones para la Planificación y los Modelo Dinámicos.
- ❖ **Año 2005:** Se libera la Primera edición de la norma IEC 61970-301 basada en el CIM: La norma IEC 61970-301 (parte de la IEC 61970) describe el modelo de información utilizado por EMS. Esto incluye muchos de los componentes básicos, tales como conductores, interruptores, transformadores, y la conectividad de estos dispositivos. Por esta razón, se dice que la IEC 61970-301 contiene al núcleo “core” CIM.

Otro foro fue creado para proporcionar un lugar para empresas de servicios, proveedores, consultores e integradores que utilizan el CIM. Este foro se llama el Grupo de Usuarios CIM (CIMug). El grupo de usuarios CIMug lleva a cabo reuniones y alberga un sitio web. El sitio web contiene un repositorio de presentaciones, documentos, archivos y otros artefactos que son compartidos entre la comunidad de usuarios. Además, el CIMug también proporciona un canal a la organización estándar para que los usuarios hagan sugerencias de cambios y ampliaciones al actual estándar.

El CIMug es un miembro del grupo de la UCA (Arquitectura de las Comunicaciones de Empresas Utility) Grupo de Usuarios Internacional (UCAIug). El sitio web CIMug se puede encontrar en <http://www.cimug.org>.

- ❖ **Año 2008:** El CIM fue adoptado por la UCTE “Union for the Coordination of the Transmission of Electricity”. Esta es responsable de la coordinación técnica y operacional en las áreas de sincronización, además del control de frecuencia y estabilidad.
- ❖ **Año 2009:** NIST identifica al CIM como el principal estándar para la Interoperabilidad de las redes inteligentes “Smart Grid”, sección 2.5 (NIST, 2010). En octubre 2010, la FERC “Federal Energy Regulatory Commission”

da los primeros pasos para la creación de la reglamentación en “Smart Grid” acogiendo las propuestas del NIST.

- ❖ **Año 2010:** ENTSO-E “European Network of Transmission System Operators for Electricity” que actualmente agrupa 6 Operadores del sistema de transmisión de Europa, incluida la UCTE, adoptó el CIM y promueve el primer test de Interoperabilidad para Europa.

En el mes de mayo de 2010, se realiza el siguiente test “Smart Meter Test (61968-9)”, donde se valida el intercambio de mensajería entre los sistemas de gestión de interrupciones OMS, sistema de gestión de los datos de medición MDM y la infraestructura de medición avanzada AMI, es decir ya se dan los primeros pasos del cumplimiento del CIM “CIM-compliant” por parte de los proveedores de software que soportan la serie de estándares de la norma IEC 61968, estos es, la distribución.

En el mes de abril de 2011, se realiza un test de interoperabilidad en EDF Francia, en el cual se analizan las partes 3, 4, 6 y 13 de la norma IEC 61968, además la armonización con la IEC 61850, con ello es mayor el alcance del análisis a los proveedores (que cada vez participan en mayor número) y se evalúan otros sistemas tales como el MDM, OMS, EAM, SCADA, DMS, WMS y ciertos buses comerciales tales como ORACLE, TIBCO e IBM WebSphere.

5.2 Definición del CIM

¿Qué es el CIM?

Un modelo de información es una representación abstracta y formal de los objetos, sus atributos, sus asociaciones con otros objetos, y el comportamiento y las operaciones que se pueden realizar entre ellos. Los objetos modelados pueden ser objetos físicos, como los dispositivos en una red eléctrica, o pueden ser estos mismos abstractos, como los objetos utilizados en un sistema de información del cliente, Figura 15.

FIGURA 15 RELACIONES FUNDAMENTALES DEL CIM



El principal propósito del concepto de modelo de información es describir formalmente un dominio del problema sin restringir la forma en que la descripción se mapea a una implementación real dentro de un software.

El modelo de información es descrito formalmente en un determinado, bien definido modelo típicamente un lenguaje rígido o diagramas de la tecnología. En muchos casos el modelo de información puede ser representado en diferentes formatos por lo general de una traducción oficial. En el caso del modelo común de información utilizado en las empresas eléctricas, la definición formal se hace utilizando el Lenguaje de Modelado Unificado (UML). Este modelo se describirá más adelante.

¿Qué no es CIM?

Hay algunos conceptos erróneos sobre el CIM. Al afirmar lo que el CIM no lo hace, esto puede ayudar a crear un mejor entendimiento de lo que hace y eliminar algunas falsas expectativas.



- ✚ En primer lugar, el CIM no especifica ni define un modelo de datos físico o almacén de datos físico. Se trata de un modelo de información lógico que se destina a ser utilizado en las definiciones de mensajes entre sistemas independientes. No hay nada que le impida ser adaptado para ser usado como una definición para una base de datos física, pero ese no es originalmente su propósito previsto, como tampoco existe una definición estricta de cuál es la base de datos física basada en CIM que debe parecerse. Por esta razón, no es preciso describir un esquema de base de datos para que siga la norma CIM.

- ✚ En segundo lugar, las aplicaciones y sistemas no necesitan almacenar sus datos de forma nativa en formato CIM para que sean capaces de conectarse a otros sistemas externos a través del CIM. De hecho, en la mayoría de los casos es probablemente mejor para las aplicaciones que tengan una estructura de base de datos definida de manera que optimicen el uso de los datos para esa aplicación. En otras palabras, un sistema de software que se basa en CIM no tiene que tener un esquema de base de datos que utiliza el CIM-preferentemente este más bien debería tener interfaces con los mensajes definidos basados en CIM.

- ✚ En tercer lugar, extender el modelo de información CIM es aceptable. El CIM cubre la información común que es típicamente utilizada en los flujos de información entre sistemas dentro de una empresa eléctrica. Podría existir información que es única para una empresa en particular y de sus sistemas de software específicos. Con esto las extensiones al modelo de información son necesarias para ocuparse de estas situaciones. Hay formas de manejar estas extensiones para que no causen problemas, lo cual será tratado en detalle más adelante.

- ✚ En cuarto lugar, en la actualidad no hay definiciones rigurosas que haga a una aplicación o sistema CIM-compliant o no. Los Vendedores pueden fácilmente afirmar un cierto nivel de cumplimiento del CIM. En la actualidad, la única certificación del cumplimiento del CIM es la prueba o test de interoperabilidad patrocinados por ERPI, sin embargo, éstas sólo se refieren



a las pruebas de ciertas partes del CIM en algunos escenarios de uso muy específico.

- ✚ En quinto lugar, el CIM no dicta las plataformas tecnológicas, como Windows, Linux, Java, C++, C#, Oracle o SQL Server. De hecho, es intencionadamente considerado para ser agnóstico a la tecnología.

5.3 Fundamentos del CIM

Para la comprensión del CIM se realizará una revisión de los fundamentos tecnológicos necesarios, estos son:

- ❖ Lenguaje de Modelado Unificado (UML)
- ❖ Lenguaje extensible de marcas (XML)
- ❖ Ontologías
- ❖ Marco de Descripción de Recursos (RDF)
- ❖ Lenguaje de Ontologías Web (OWL)

5.3.1 Lenguaje de Modelado Unificado (UML)

El UML “Unified Modeling Language” es un lenguaje descriptivo formal que unifica varias de las metodologías comúnmente utilizadas por los ingenieros en la modelación de sistemas. Es un lenguaje y no sólo una técnica de diagramación. Se utiliza para definir, visualizar, construir y documentar sistemas de software. UML se define oficialmente por el OMG “Object Management Group” y ha sido oficialmente convertido en un estándar internacional definido actualmente como la norma ISO/IEC 19501:2005 Tecnología de la información - Procesamiento distribuido abierto - Lenguaje de Modelado Unificado (UML), versión 1.4.2.

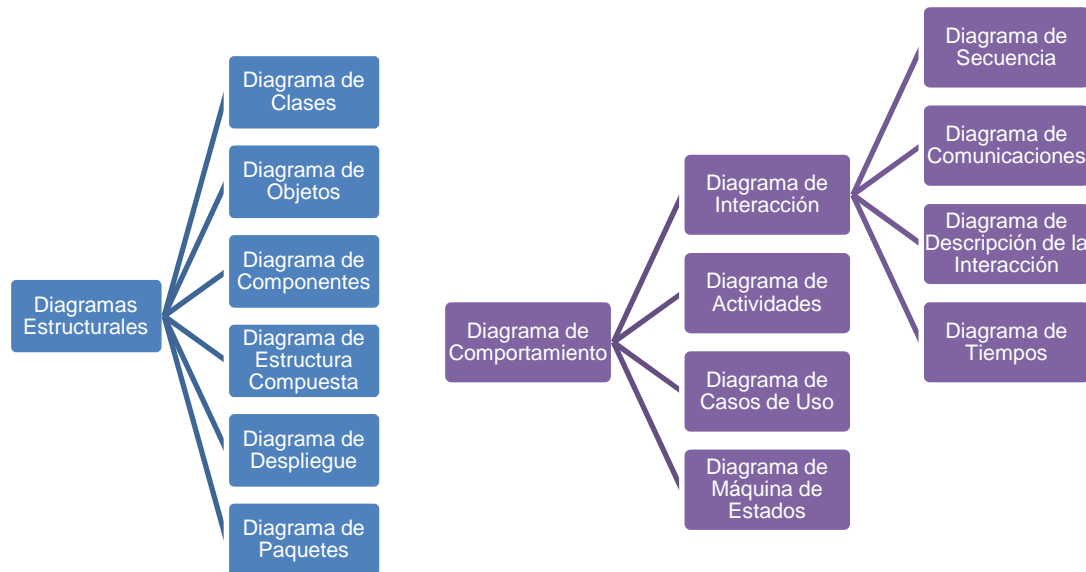
Los Diagramas UML se utilizan para proporcionar tres diferentes puntos de vista de un modelo:

- Requerimientos funcionales
- Estructura estática

- Comportamiento dinámico

Los Modelos UML se pueden intercambiar entre las herramientas UML y sistemas de software y utilizando el formato de archivo XMI “XML Metadata Interchange”.

Descripción del UML: Define en forma oficial la notificación y sintaxis de trece diferentes tipos de diagrama, clasificados:



Debido a que estamos interesados en integrar los sistemas que utilizan un modelo de información, utilizando el CIM sólo se requiere una comprensión del diagrama de clases y el diagrama de secuencia. Por esta razón, solamente se detallan dichos diagramas, los que son usados para llevar a cabo la integración con el CIM

5.3.1.1 Diagramas de Clases UML

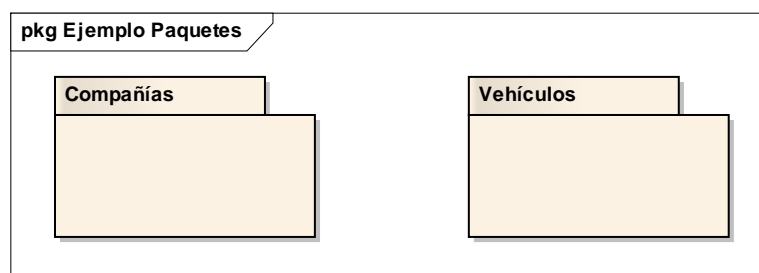
Los Diagramas de clase UML proporcionan un medio para representar visualmente las jerarquías de objetos y relaciones. Esta sección proporciona un ejemplo sencillo de cómo los diagramas de clase se pueden utilizar para representar un modelo que es independiente de la plataforma de implementación.

Una clase representa un tipo específico de objeto. Una jerarquía de clases es un modelo del sistema que representa cada componente como una clase

separada. Como principio general de modelización, la jerarquía de clases debe representar la estructura del mundo real del sistema.

Paquetes

Los Diagramas de clase UML se puede dividir en grupos separados de clases. Estos grupos de clases se denominan **paquetes**. En el diagrama de clases, éstos son diagramados como carpetas. Los paquetes pueden pensarse que son similares a las carpetas o directorios en un sistema de archivos informáticos.



Ejemplo de un Diagrama de clases que contiene dos paquetes

Cada paquete tiene un nombre que debe ser descriptivo del grupo de clases contenidas en el paquete. Al igual que el contenido de las carpetas en un sistema de archivos, las clases en la carpeta deben estar relacionadas, y los diferentes paquetes deben ser descritos de manera que ayuden al lector a entender las agrupaciones.

Clases

Las clases son los tipos específicos de cosas que se están modelando. Cuando se está modelando un sistema, la tarea de dividir el sistema en los diferentes tipos de cosas que estarán representados es un primer paso clave. Por ejemplo, si alguien quisiera construir un modelo a ser utilizado por un sistema de Recursos Humanos, se puede crear clases como los empleados, directores, departamentos, y los beneficios. Obtener el correcto grupo de clases definidas para un problema particular es un reto y por lo general le toma tiempo a un modelador con experiencia hacerlo "bien".



En los diagramas de clases UML, las clases son diagramadas como cajas con el nombre de la clase en la parte superior de la caja. Cada clase pertenece a un paquete específico, al igual que un archivo se ubica dentro de un directorio o carpeta.

Uno de los retos para obtener el correcto conjunto de clases definidas es anticipar los futuros cambios y nuevos requerimientos. El objetivo es diseñar las clases para que los nuevos requerimientos no requieran cambios a las clases ya definidas.

Herencia

Una forma de reducir el impacto del cambio en el sistema es hacer uso de un concepto llamado **generalización o herencia**. La herencia nos permite definir clases muy generales y muy específicas, y definir una relación entre las clases específicas y clases generales. La asociación entre la clase más específica y la clase más general se denomina herencia.

Hay una buena razón para hacer esto. El Código, los mensajes y las operaciones de software pueden ser definidos para trabajar con la clase más general posible, luego si se define una nueva y más específica clase heredada de la clase general, todo el software que trabaja sobre la clase general seguirá funcionando con la nueva clase.

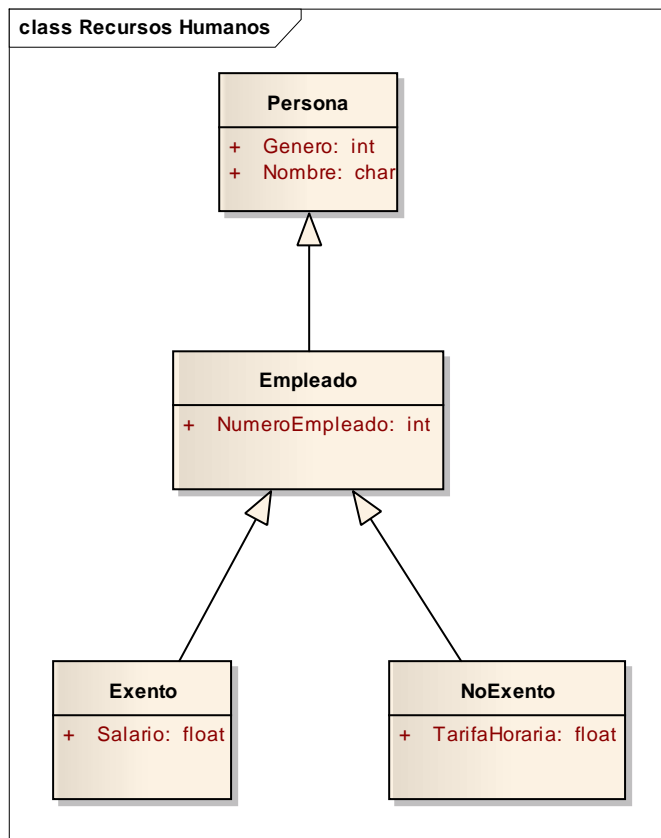
Por ejemplo, si usted ha definido una clase general llamada vehículo y construye clases más específicas para el automóvil y motocicleta, todo el código que funciona en el vehículo también trabajaría para un automóvil y una motocicleta, y lo más importante sería trabajar en un nuevo tipo de vehículo que se agregaría a futuro.

En UML, la herencia se muestra con una flecha que va desde una caja asociada con la clase más específica a la caja que representa la clase más general. La generalización de las clases puede ser extendida para varios niveles, dando lugar a un diagrama de clases que tiene algunas clases muy generales y múltiples niveles de las clases más específicas.

Comúnmente se suele llamar a las clases más específicas "clases hijos" y a las clases más generales "clases padres". Cuando existen múltiples niveles de herencia, las clases hijos también pueden ser clases padres de otras clases hijos.

A veces, el diagrama de clases es llamado un "árbol de herencia", porque las clases se ramifican desde una clase padre común o unas pocas clases padres. Las clases que

no tienen hijos son a menudo llamadas "clases de hojas", porque no tienen más ramificaciones y parecen las hojas del árbol.



Atributos

Las clases tienen propiedades o elementos llamados atributos que describen este tipo de cosas. Cada clase puede tener múltiples instancias de esa clase que se llaman objetos. Cada instancia de objeto tiene el mismo número y tipo de atributos, pero con sus propios valores internos.

En los diagramas de clases UML, la parte inferior de cada caja asociada a una clase específica es una lista de los nombres de atributos y el tipo de datos asociada de dicho atributo. Es importante entender que no sólo la clase tienen los atributos enumerados en la caja de esa clase, sino que también tiene todos los atributos asociados con las clases que hereda.

Por ejemplo, en un sistema de Recursos Humanos, la clase de personas puede tener un nombre y un género como atributos, y una clase de empleado podría heredar de la clase persona y tener un atributo adicional: número de empleado. Heredar desde la clase de los empleados estarían las clases exentos y no-

exentos, que tienen un atributo de salario para la clase exentos y un atributo de la tarifa por hora para la clase no-exentos.

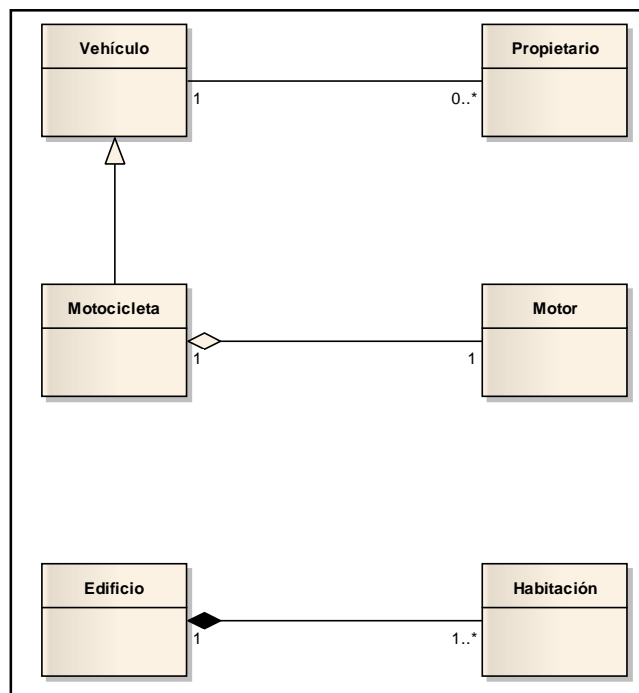
Asociaciones

Las clases también tienen relaciones que describen como un objeto se relaciona con o conectado a otros objetos. Estas relaciones se llaman las asociaciones en UML. Al igual que los atributos, cada instancia de objeto tiene el mismo número y tipo de asociaciones, pero con sus propios valores internos.

Hay tres tipos de asociaciones que se pueden representar. El primero se llama una **asociación simple**, el segundo es un tipo especializado de asociación llamada **agregación**, y el tercero se llama **composición**.

Las Asociaciones **simples** muestran que dos clases tienen una conexión, una asociación de **agregación** indica una conexión más cercana que significa que el objeto es conformado por los otros objetos, o se dice que contiene los objetos asociados. Por ejemplo, la relación entre un propietario y una motocicleta es una simple asociación, pero la relación entre una motocicleta y su motor y el manillar (volante) es una agregación porque las partes pueden ser removidas y reemplazadas. Como ejemplo de una asociación de **composición**, la relación entre un edificio y sus habitaciones es una composición ya que el edificio no es un conjunto de habitaciones, sino que se compone de habitaciones.

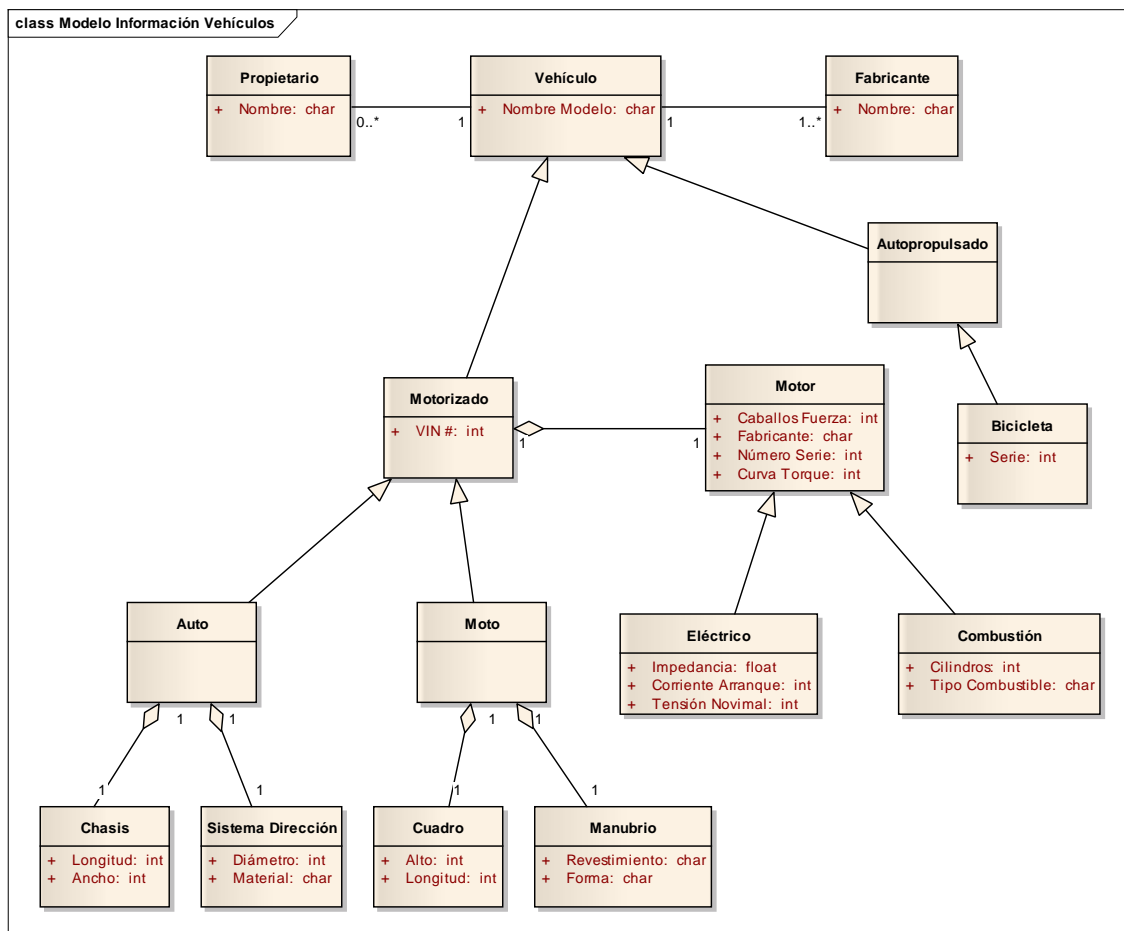
Asociaciones se dibujan como líneas entre dos cuadros que representan las dos clases relacionadas. Agregaciones se dibujan como una línea con un rombo abierto (vacío) en un extremo de la línea. Una composición se dibuja como una línea con un rombo cerrado (relleno) en un extremo de la línea.



Las asociaciones tienen propiedades que representan el número de posibles conexiones entre el objeto y el objeto relacionado. Esta propiedad se llama la multiplicidad. La multiplicidad se representa en un diagrama de clase UML como un número único o un par de números en cada extremo de la línea que representa la asociación. Los números representan el mínimo y el máximo posible de relaciones. Por ejemplo, un simple "1", dice que la relación de este objeto al objeto asociado debe ser uno y solamente a uno. Si la asociación se observa cómo (1 ..*), entonces significa que la relación de este objeto al objeto asociado debe ser uno o más (muchos). Si fuera (0 ..*), entonces significaría que ésta puede ser cero o más.

Cabe señalar que la multiplicidad se representa en ambos extremos de una asociación y que puede ser diferente en cada extremo. Por ejemplo, en nuestro ejemplo, un vehículo debe tener uno y solo un único propietario; pero un propietario puede tener cero o más vehículos.

Ejemplo de un Diagrama de Clases:





Se detallará el ejemplo de vehículos usado anteriormente. En este ejemplo, se comienza con una clase padre llamada Vehículo. Esta clase de vehículos cuenta con dos asociaciones simples: una para propietario y otra para fabricante. En nuestro modelo de ejemplo, cada vehículo tiene un atributo: Nombre del modelo. La multiplicidad de la asociación desde la clase del Vehículo hacia la clase del Propietario es "1", indicando que el vehículo puede tener uno y solamente un dueño.

La clase Propietario tiene un atributo: Nombre, y la multiplicidad entre la clase Propietario y la clase del Vehículo es "0..*", indicando que un propietario puede ser dueño de cero o muchos vehículos.

La clase Fabricante tiene un atributo: Nombre, y la multiplicidad entre la clase Fabricante y la clase Vehículo es "1..*" porque el fabricante puede hacer muchos vehículos diferentes, pero la multiplicidad entre las clases Vehículo y Fabricante es "1" ya que el vehículo puede tener un único fabricante.

En el modelo de ejemplo, hay dos clases hijos de la clase Vehículo: Motorizados y Autopropulsados. La clase motorizado tiene un atributo: VIN #, y la clase autopropulsadas no tiene atributos adicionales.

La clase motorizado tiene una asociación a una clase llamada Motor. Este tipo de asociación es una agregación porque el motor puede ser removido y reemplazado. En este modelo, la asociación a la clase Motor tiene una multiplicidad de "1" en ambas direcciones ya que el motor puede ser parte de uno y solo un vehículo y un vehículo puede tener un único motor. La clase de motor tiene varios atributos: Caballos Fuerza, Fabricante, Número de Serie, y Curva Torque.

La clase Motor tiene dos clases hijos: Eléctrico y de Combustión. La clase Eléctrico tiene atributos de Impedancia, Corriente Arranque y Tensión Nominal. La clase de Combustión tiene dos atributos: Cilindros y Tipo de Combustible.

Este es un buen ejemplo de cómo los atributos de las clases deben ser definidos. Los atributos que se aplican tanto a los Motores Eléctricos y de



Combustión, tales como Caballos de Fuerza deben estar asociados con la clase principal. Los que sólo son aplicables a un determinado tipo de motor, como el atributo Tensión Nominal de la clase Eléctrico, deberán definirse en el nivel de la clase hijo.

La clase Motorizado tiene dos clases hijo: Autos y Motos. Ninguna de las clases hijos tiene los atributos definidos, pero cada uno tiene asociaciones.

La clase de Autos tiene una asociación de agregación a una clase de Chasis y a una clase Sistema de Dirección. La clase de Motos tiene una asociación de agregación a una clase de Cuadro y una clase de Manubrio.

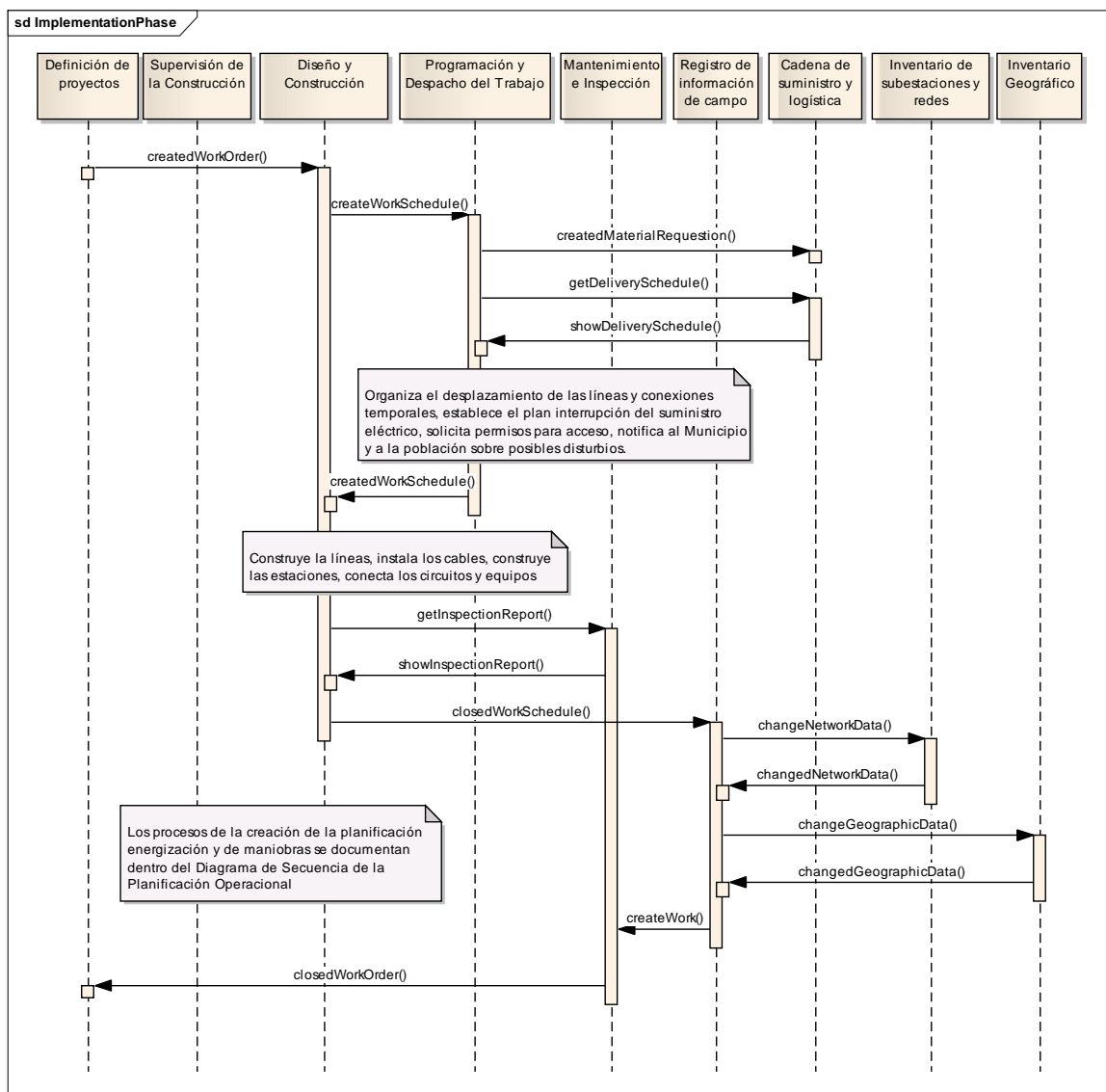
Uno podría preguntarse ¿por qué la clase de Autos no tienen asociaciones con las puertas, las ruedas, y muchas otras partes de un automóvil? La respuesta es que el modelo debería detenerse en el nivel en el que se espera que el sistema de software no lo necesite. Si no hacemos esto, cada modelo sería demasiado complejo para el software que utiliza. En resumen, nuestros modelos deberían ser tan complejos como sean necesarios y no más.

Con el presente ejemplo, se tiene una comprensión suficiente de los diagramas de clase UML para leer e interpretar todos los diagramas de clase CIM detallados más adelante. La única diferencia es que los diagramas de clases en el modelo CIM tienen muchas más clases, atributos y asociaciones, además se debe conocer los procesos del negocio eléctrico para interpretar los mismos.

5.3.1.2 Diagramas de Secuencia UML

Los diagramas de secuencia UML se utilizan para modelar el flujo de mensajes, eventos y acciones entre las entidades de un sistema. El tiempo se representa verticalmente que muestra la secuencia temporal de las interacciones en el sistema. Horizontalmente se muestra en la parte superior del diagrama las aplicaciones o entidades en el sistema. A través de líneas verticales paralelas, un diagrama de secuencia muestra los diferentes procesos o actores que participan en el escenario. Con las flechas horizontales, el diagrama de secuencia muestra la información o los mensajes intercambiados entre los actores. La secuencia de tiempo fluye de arriba a abajo.

Los actores que son procesos de software están subrayados. Las flechas horizontales tienen un nombre de mensaje escrito sobre ellos. Las flechas con líneas continuas y con puntas de flecha rellenas representan mensajes síncronos, las flechas de líneas continuas y con puntas de flecha abiertas representan mensajes asíncronos. Líneas discontinuas (dashed) de flechas con puntas de flecha abierta son los mensajes de respuesta. Como ejemplo se presenta un diagrama de secuencia de la Planificación de una extensión de red en su fase de implementación:



5.3.2 Lenguaje extensible de Marcas (XML)

El XML "eXtensible Markup Language" es una especificación para crear lenguajes de marcas o etiquetado, que son formas de codificar información y



meta-información de manera transparente, sin ambigüedades la comunicación de la información puede ser intercambiada entre aplicaciones y sistemas informáticos. HTML “Hyper Text Markup Language” y SGML “Standard Gneralized Markup Language” (SGML) son ejemplos de lenguajes de marcas bien conocidos.

Es una simplificación o derivación del SGML (ISO 8879), algunas de sus ventajas son:

- Es extensible: Después de diseñado y puesto en producción, es posible extender XML con la adición de nuevas etiquetas, de modo que se pueda continuar utilizando sin complicación alguna.
- El analizador es un componente estándar, no es necesario crear un analizador específico para cada versión de lenguaje XML. Esto posibilita el empleo de cualquiera de los analizadores disponibles.
- Si un tercero decide usar un documento creado en XML, es sencillo entender su estructura y procesarla. Mejora la compatibilidad entre aplicaciones. Podemos comunicar aplicaciones de distintas plataformas, sin que importe el origen de los datos, es decir, podríamos tener una aplicación en Linux con una base de datos Postgres y comunicarla con otra aplicación en Windows y Base de Datos MS-SQL Server.
- Transforma datos en información, pues se le añade un significado concreto y los asocia a un contexto, con lo cual tenemos flexibilidad para estructurar documentos.

La sintaxis del XML utiliza etiquetas para denotar los elementos dentro de un documento. Cada elemento se expresa como una etiqueta abierta y cerrada, entre ellas va el contenido de los datos de la siguiente forma:

<Etiqueta> ... Contenido de Datos ...</Etiqueta>

Un simple ejemplo para editar un mensaje se muestra en la siguiente gráfica:



```
<?xmlversion="1.0"encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPEEdit_Mensaje SYSTEM "Edit_Mensaje.dtd">

<Edit_Mensaje>
<Mensaje>
<Remitente>
<Nombre>Nombre del remitente</Nombre>
<Mail> Correo del remitente </Mail>
</Remitente>
<Destinatario>
<Nombre>Nombre del destinatario</Nombre>
<Mail>Correo del destinatario</Mail>
</Destinatario>
<Texto>
<Asunto>
    Este es mi documento con una estructura muy sencilla
no contiene atributos ni entidades...
</Asunto>
<Parrafo>
    Este es mi documento con una estructura muy sencilla
no contiene atributos ni entidades...
</Parrafo>
</Texto>
</Mensaje>
</Edit_Mensaje>
```

Una entidad puede contener sus propios atributos, los cuales son expresados:

**<Etiqueta Atributo1="texto" Atributo2="1234"/> ó
<Etiqueta Atributo1="texto" Atributo2="1234">...</Etiqueta>**

Mediante la adición de restricciones, XML puede ser utilizado para crear "lenguajes de aplicación". Para los propósitos del CIM, XML se puede utilizar para definir ontologías, incluyendo 'Resource Description Framework' (RDF) y 'Web Ontology Language' (OWL), que se describen en las siguientes secciones.

5.3.3 Ontologías

Una ontología es una definición de conceptos y sus asociaciones dentro de un dominio en particular. Un dominio puede interpretarse como un campo o área de especialidad, similar a los campos de estudio en un ambiente académico, es decir, la medicina, ciencias políticas o ingeniería eléctrica. La ontología representa el significado particular de los términos y como se los aplica a determinado dominio. Por ejemplo la palabra "**base**" tiene muchos significados diferentes. Una ontología en el dominio del béisbol que modela el significado de la palabra "base: una de las bolsas de lona utilizada en un campo de béisbol"; una ontología en el dominio de la química que modela el significado de "base: lo opuesto de un ácido" y una ontología en el dominio de la electrónica que modela la "base: una de las regiones de un transistor de unión bipolar".



La definición de un concepto en una ontología inicia con una definición de las clases, atributos y asociaciones que podrían definirse en un diagrama de clases UML, pero va más allá y define los siguientes conceptos adicionales:

- ❖ **Restricciones:** una descripción formal de lo que debe ser verdadero acordado por alguna afirmación para ser aceptada como entrada;
- ❖ **Reglas:** una sentencia si-entonces que describe la consecuencia que pueden obtenerse de una afirmación;
- ❖ **Axiomas:** las afirmaciones y reglas que conjuntamente comprenden la teoría general en el dominio, y
- ❖ **Eventos:** el cambio de atributos o relaciones.

Las construcciones adicionales, tales como las reglas y restricciones hacen el uso de ontologías como una valiosa y muy poderosa herramienta para la definición de modelos de información. Como ejemplo, una subclase de la clase Avión podría ser una clase de un “Avión Supersónico”; y utilizando una restricción, el atributo de la velocidad máxima puede limitarse a ser inferior a 1,225.1 km/h.

Las ontologías son comúnmente codificadas usando lenguajes de ontologías. RDF y OWL son los dos lenguajes utilizados en el estándar CIM y por las herramientas de software CIM.

5.3.4 Marco de Descripción de Recursos (RDF)

Mientras que XML en sí no tiene un conjunto de etiquetas de sintaxis o semántica, los esquemas se pueden definir para expresar casi cualquier tipo de datos usando la notación XML.

El RDF “Resource Description Framework” es un método de definición de modelos de información que es especificado por el ‘World Wide Web Consortium’ (W3C).

RDF se basa en la idea de convertir las declaraciones de los recursos en expresiones **sujeto-predicado-objeto**. Cada expresión comúnmente se llama un "tripleto" en términos RDF. El sujeto es definido por el nombre de un



recurso, el objeto denota características o atributos asociados con el tema, y el predicado expresa la relación entre el sujeto y el objeto.

El sujeto, o recurso, en un modelo RDF es expresado como un identificador universal de recursos URI "Uniform Resource Identifier". URI son similares a los localizadores uniformes de recursos URL (Uniform Resource Locators), utilizados como direcciones web, pero son más generales, ya que ellos no se limitan para acceder a datos en la web. El predicado y el objeto son técnicamente URIs así también son sólo identificadores.

La terna sujeto-predicado-objeto adopta la forma de construir expresiones sintácticas como "una persona tiene un nombre" o "un carro tiene cuatro ruedas".

El RDF actualmente puede ser expresado en más de una sintaxis. Hay dos formatos de archivos comunes utilizados para RDF.

1. El primero es un formato **XML**. Este formato a menudo es llamado simplemente RDF porque fue introducido como parte de la definición de las especificaciones RDF del W3C. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el formato XML no es lo mismo que el modelo abstracto RDF en sí mismo. En este formato cada URI se etiqueta en estilo XML, y al archivo se le da una extensión `.rdf` en lugar de una extensión `.xml`.
2. La segunda es la Notación 3 (o N3) como un formato **no-XML** de modelos RDF diseñados para ser fáciles de leer y escribir. La comunidad del CIM también utiliza el formato "Turtle" el cual es una forma mínima del formato N3. El Protocolo SPARQL (un lenguaje de consulta para RDF) utiliza un derivado de la N3 y la sintaxis "Turtle" tortuga.

Mientras que el RDF proporciona un medio para construir expresiones sencillas sobre la relación entre los recursos, no define el vocabulario de estas expresiones. El Vocabulario de descripción del lenguaje RDF, conocido como



Esquema RDF, proporciona al usuario un medio para describir los tipos específicos de recursos o clases.

Los archivos del Esquema RDF “RDFS” (RDF Schema) describen las clases, atributos y relaciones de un modelo de información y suelen utilizar una extensión **.rdfs**. Los archivos de instancias RDF describen instancias de objetos y por lo general utilizan una extensión **.xml** o **.rdf**. Los archivos incrementales RDF describen cambios a un conjunto de instancias de objetos descritos por un archivo de instancia, y normalmente utilizan extensiones **.xml** o **.rdf**

Dentro de un archivo RDF o RDFS, los siguientes objetos son utilizados:

Esquema del archivo

- Clase (Class): Se usa en esquemas RDF para definir una nueva clase
- Recursos (Resource): clase raíz de todos los recursos
- Propiedad (Property): La clase de todas las propiedades
- Tipo de datos (Datatype): Identifica el tipo de datos
- Sub Clase de (subClassOf): Especializa una clase, permite definir jerarquías
- Rango (range): Límites de los valores de una propiedad
- Tipo (type): identifica la clase de un recurso individual
- Acerca (about): Describe un recurso existente
- Descripción (Description): Usado para propiedades/valores pares acerca de un recurso.

Archivo de Instancia

- ID: identifica un nuevo recurso
- Acerca (about): Describe un recurso existente
- Descripción (Description): Usado para propiedades/valores pares acerca de un recurso

Las partes de la norma CIM definen la forma en que los archivos RDF (RDF expresado como XML) se utilizan para el intercambio de los modelos



fundamentados o basados en el CIM (CIM-based). Esto se explica en detalle más adelante.

5.3.5 Lenguaje de Ontologías Web (OWL)

El OWL "Web Ontology Language" es un lenguaje basado en RDF que es capaz de expresar completamente ontologías, a diferencia de diagramas de clases UML o estándar RDF. Utilizar OWL para expresar una ontología completa se realiza mediante la definición de "individuos" y "las aserciones de la propiedad". Los individuos son similares a las construcciones de un diagrama de clases, y las aserciones de la propiedad se basan en axiomas. En ellas se describen las reglas y restricciones en una sintaxis formal.

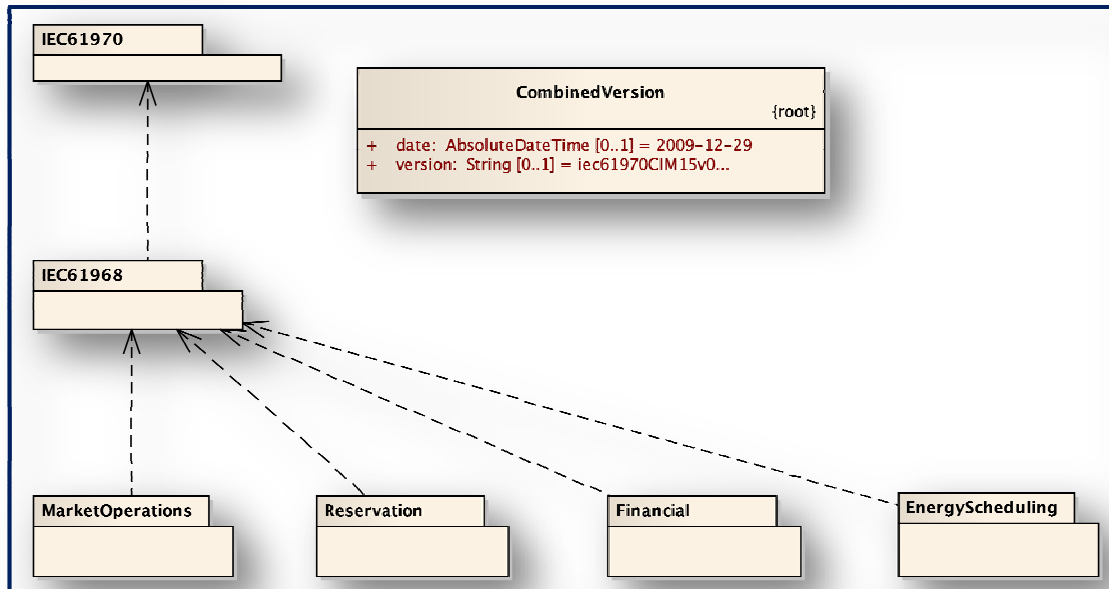
OWL es utilizado por algunas herramientas del CIM para especificar subconjuntos del modelo de información completo, denominados **perfiles**. El modelo de información CIM se define en UML y comúnmente es intercambiado mediante archivos XMI. Los Perfiles se definen comúnmente en OWL, en lugar de UML o XMI, porque esto permite axiomas que colocan mayores restricciones sobre el modelo a ser definido.

Oficialmente, el estándar CIM expresa perfiles sólo en documentos textuales. Sin embargo, el uso del idioma Inglés como la definición de la sintaxis en estos documentos limita la precisión y requiere a alguien para interpretar el lenguaje. Lo más probable es que el estándar oficial seguirá el ejemplo de algunas de las herramientas CIM y expresar los perfiles en OWL en el futuro.

5.4 Paquetes del CIM

El componente fundamental del CIM es el conjunto de documentos publicados por la IEC que describen los detalles del modelo de información. Estos documentos son creados a partir de un modelo UML, que está disponible en formato electrónico en el "Grupo de Usuarios CIM" que se pueden cargar en varias herramientas de modelación UML (una de estas herramientas es el Enterprise Architect de Sparx, formato .eap). Los diagramas de clases UML se componen de paquetes que describen un único sub-dominio del modelo de

información. Cada paquete contiene un conjunto de clases junto con su estructura de herencia, atributos y asociaciones. El Modelo se administra por versiones y combina las distintas normas, como se detalla en la gráfica:

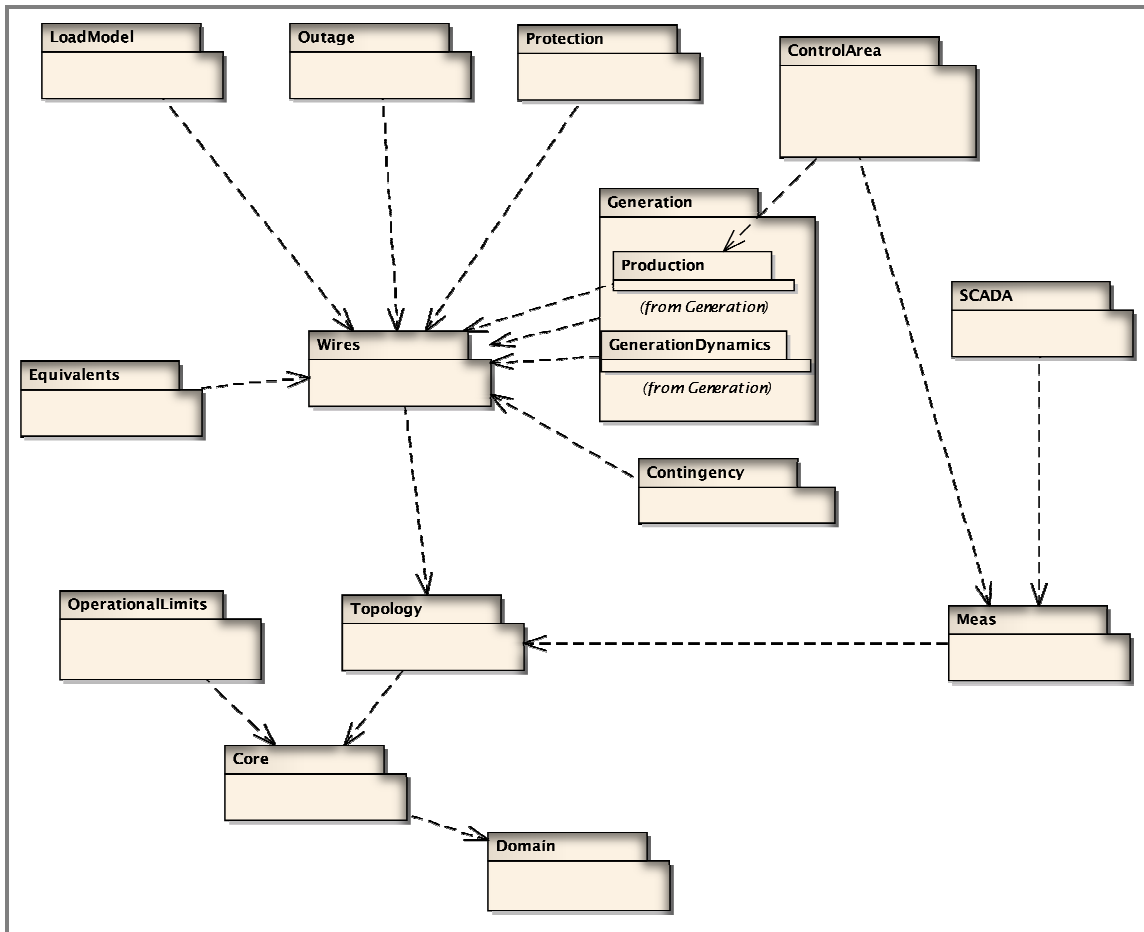


Se describirán los paquetes relevantes del modelo lógico de información CIM y se trabajará con las versiones “**iec61970CIM15v01_iec61968CIM10v30**”. En este caso, hay los paquetes que forman parte de la serie de la norma IEC 61970 y los que forman parte de la serie IEC 61968. A pesar de que la serie 61968, cubre los subdominios de la gestión de la distribución, es necesario entender inicialmente el subdominio de la transmisión 61970, ya que la norma 61968 se basa en la norma 61970.

5.4.1 Paquetes relevantes de la IEC 61970

La finalidad no es describir todas las clases, atributos, y asociaciones, sino más bien proporcionar lo más destacado de los conceptos claves. A continuación se describen los paquetes relevantes de la norma IEC 61970 tales como el Core, Topología, Redes, entre otros.

FIGURA 16 PAQUETES RELEVANTES IEC 61970

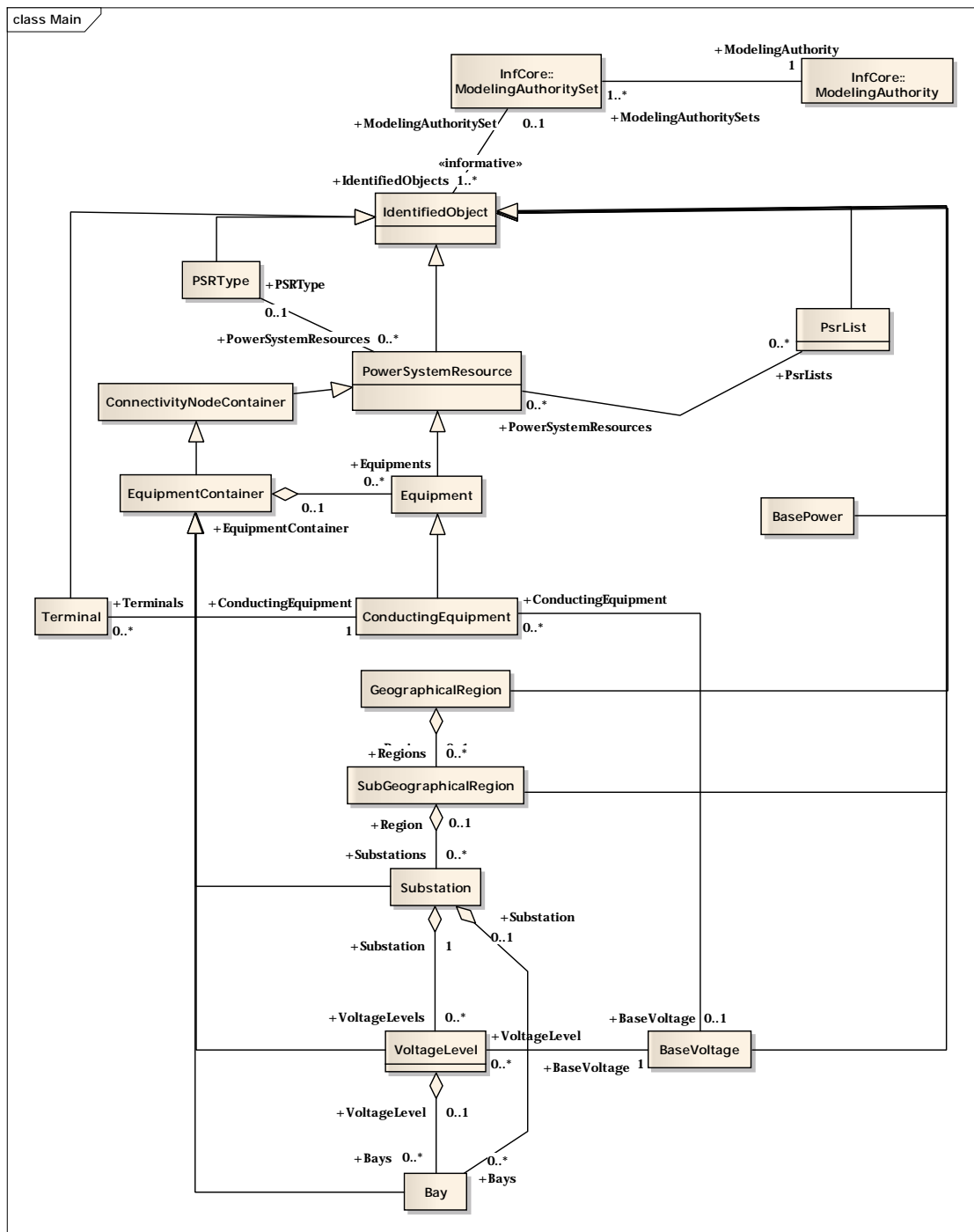


5.4.1.1 Paquete “Core”

El paquete “Core” contiene definiciones de clases que son las clases padres a muchas de las clases más específicas en otros paquetes del modelo CIM, incluyendo clases definidas en las normas 61970 y 61968.

IdentifiedObject: el paquete “Core” contiene una clase llamada “Objeto Identificador”. Esta clase es abstracta y sólo contiene atributos utilizados para hacer referencia al objeto, ya sea por un usuario o un software. Los atributos del “IdentifiedObject” incluyen “mRID”, que es el identificador de recursos máster que debe ser un identificador global único de los objetos, el “mRID” no tiene que ser leído por el humano. Este identificador generalmente pretende ser utilizado por los sistemas de software.

Los atributos: nombre “name”, descripción “description”, alias “aliasName”, y la ruta “pathName” están previstos para proporcionar identificadores que son visibles por los humanos. Es común que los nombres de los objetos dentro de una empresa no se unifiquen, debido a las costumbres de nombres históricos, los resultados de las fusiones y adquisiciones, y la incapacidad de otros sistemas de software para la gestión de unicidad (homologación). Por estas razones, no existen restricciones a estos nombres que requieren ser únicos.





PowerSystemResource: la clase “Recurso del Sistema de Potencia” heredada desde “IdentifiedObject”, proporciona otra clase abstracta relativamente utilizada en el CIM. Un PSR puede ser un solo elemento de equipamiento tales como un Seccionador, o un Contenedor de Equipos con muchos elementos individuales de equipamiento tales como una subestación, o una entidad organizacional tales como una Empresa o Área de Control. Esto proporciona por ejemplo, que un seccionador pueda ser parte de una subestación y la subestación pertenecer a una división de una empresa o región geográfica.

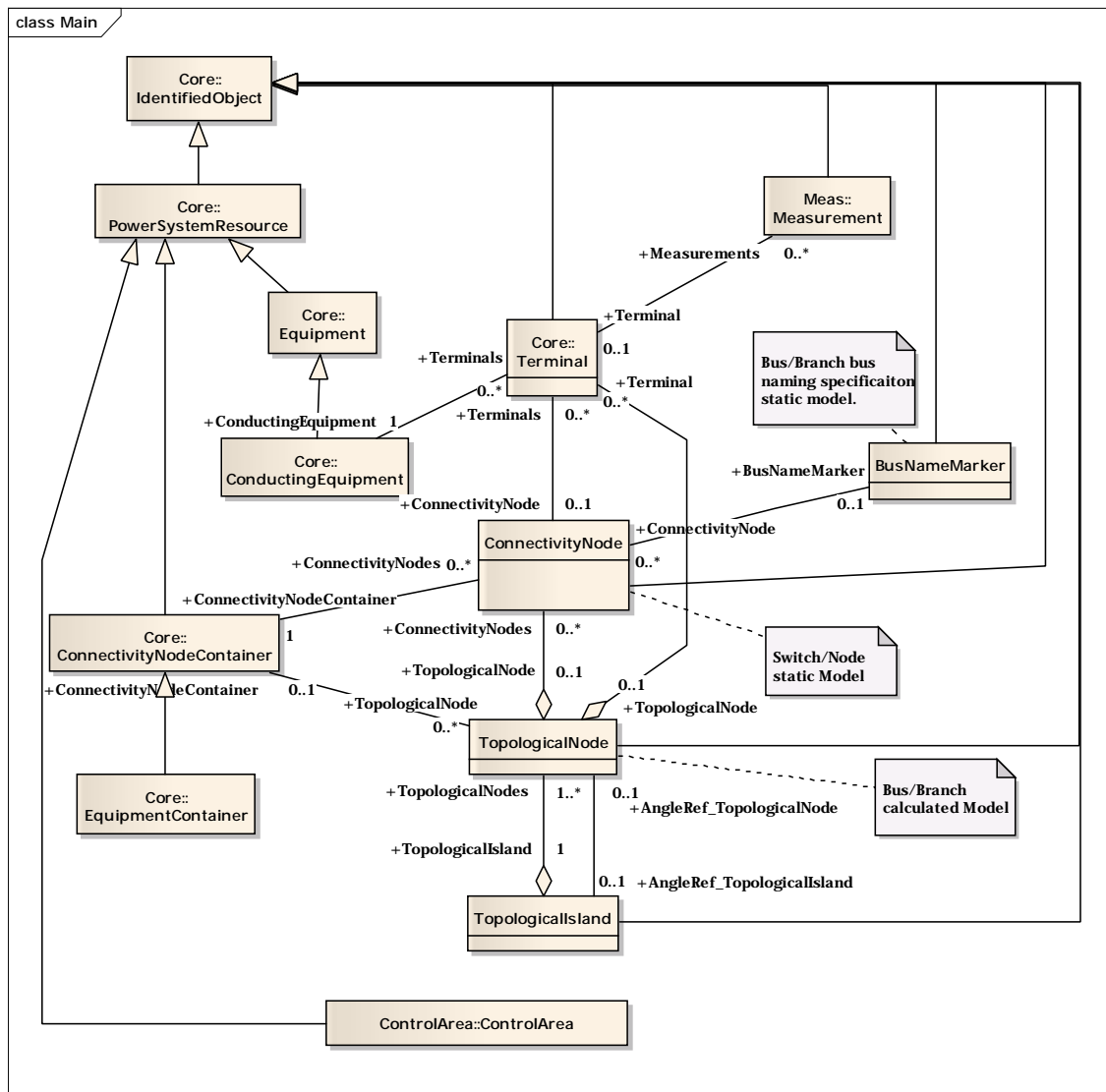
Equipment y ConductingEquipment: la clase “Equipos de Conducción” heredada de una clase “Equipos” a su vez heredada del “PowerSystemResource”, es la clase principal para la mayoría de los equipos físicos que se utilizan para modelar el sistema de potencia.

Los Equipos de Conducción son partes del sistema de potencia que están diseñados para llevar la corriente o que están conductivamente conectados. Dicha clase está contenida en un Contenedor de Equipos “EquipmentContainer”, lo cual puede ser una Subestación “Substation”, o un Nivel de Tensión “VoltageLevel” o una Bahía “Bay” contenidos en una Subestación.

Terminal: cualquier objeto que se hereda de la clase “ConductingEquipment” tiene una relación hacia un objeto por la clase Terminal. Esta relación tiene una multiplicidad de 0..* (cero a muchos), pero por lo general será una o dos terminales en función de la clase específica. Esta relación es actualmente definida en el paquete “Core” pero solamente es utilizada en el siguiente paquete de Topología.

5.4.1.2 Paquete “Topology”

Una extensión al paquete 'Core' que en asociación con la clase Terminales modelan la Conectividad, que es la definición física de cómo los equipos se conectan entre sí. Además los modelos de Topología, son la definición lógica de cómo el equipo está conectado a través de seccionadores cerrados.



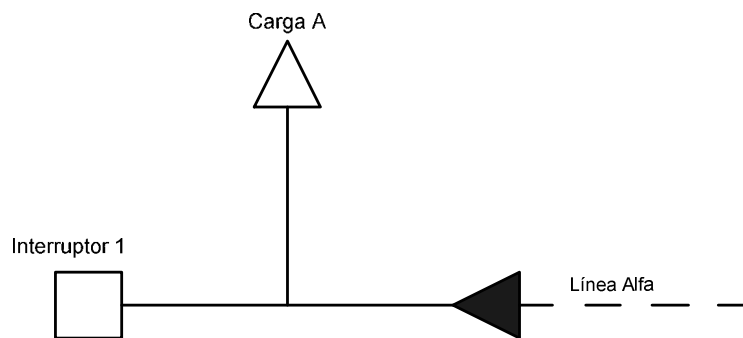
ConnectivityNode: la clase “Nodo de Conectividad” tiene una relación con la clase Terminal. Cada objeto de los “Equipos de Conducción” tiene Terminales, los cuales son conectados a los Nodos de Conectividad. Los Terminales pueden interpretarse como que están estrechamente relacionados con los Equipos de Conducción, y los Nodos de Conectividad es la unión (fijación) que define qué equipo está conectado a otro equipo. Con esto, los nodos de conectividad son puntos donde terminales de equipos de conducción están conectados entre sí con impedancia cero.

TopologicalNode: la clase “Nodo Topológico” es utilizada para definir los objetos que se combinan en un solo bus, cuando un ramal del modelo está desarrollado con los estados del dispositivo (por lo general los estados

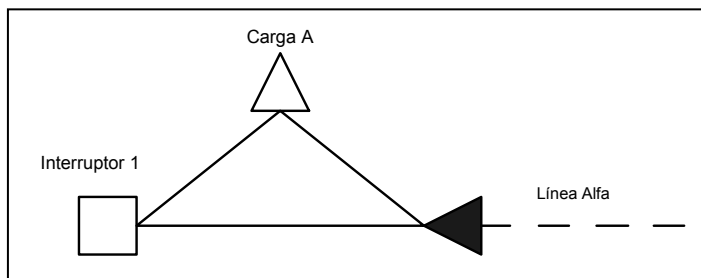
dispositivo nominal). Esta agregación se hace con la relación entre “TopologicalNode” y “ConnectivityNode”.

Un conjunto de nodos de conectividad que, en el estado actual de la red, se conectan entre sí a través de cualquier tipo de seccionadores cerrados, incluyendo puentes. Los nodos topológicos pueden cambiar a medida que cambia el estado actual de la red (es decir, seccionadores, interruptores, etc. cambian de estado).

Para entender con mayor detalle estos conceptos se analizará un simple ejemplo, extraído de (McMorran, 2006).



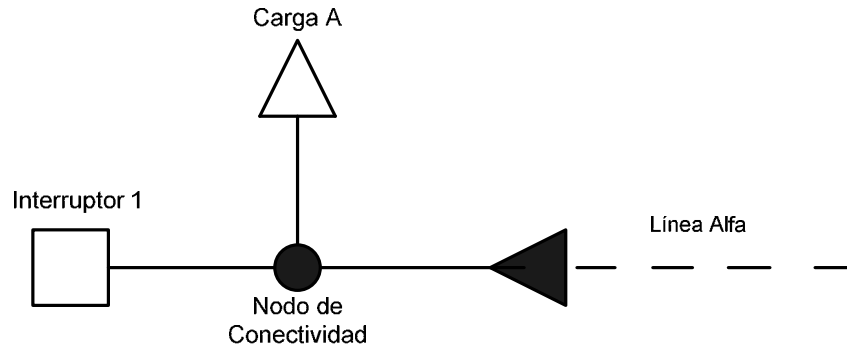
Este simple circuito contiene un interruptor, carga y una línea, lo cual requiere tres objetos CIM para representar las partes del equipo físico de conducción: Un Consumidor de Energía (para representar la carga), un Interruptor y un Segmento de Línea AC o DC para la línea.



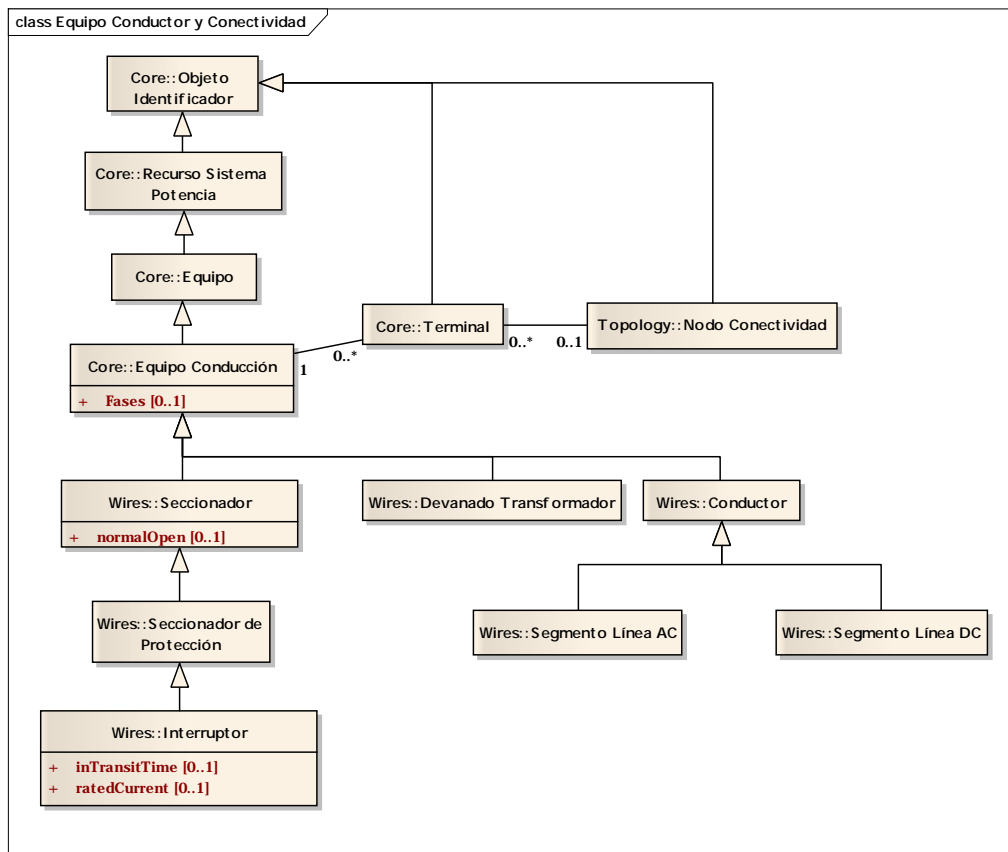
El CIM no modela interconexiones por la **asociación** de cada componente con los otros componentes conectados, siendo así el Interrupción1

contienen asociaciones con la carga A y Línea Alfa; la carga A contiene asociaciones con la Línea Alfa y Interrupción1 y la Línea Alfa contiene asociaciones con el Interrupción1 y la carga A, esto da lugar a las interconexiones detalladas en la Figura.

En cambio, el CIM utiliza un **Nodo de Conectividad** para conectar los equipos, en caso de que tres o más partes de equipo se unan en una T o un punto estrella, con lo cual la conectividad es representada correctamente así:

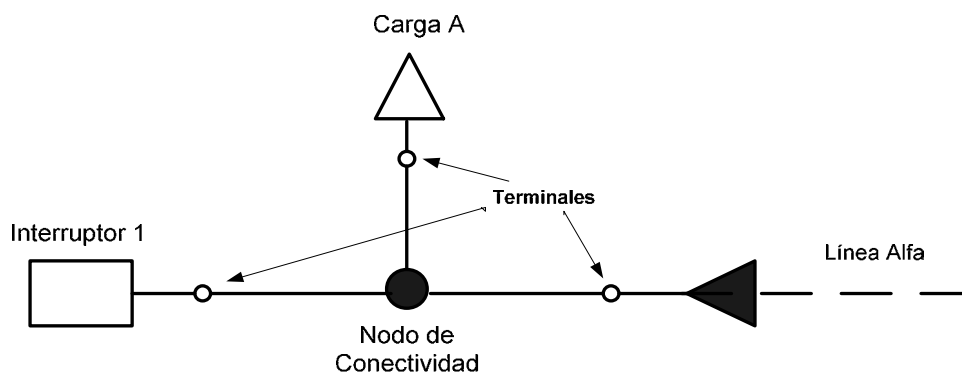


Sin embargo en el CIM, las partes del equipo de conduccion no están directamente asociadas con el nodo conectividad. Una parte del equipo de conduccion tendrá una o más **Terminales** asociadas a él, y estos terminales a su vez están asociados con un único Nodo de Conectividad. La relación entre las clases Terminal, Nodo de Conectividad y Equipo Conduccion se muestran en la Figura (nombre de paquetes en inglés y nombre de clases en español)



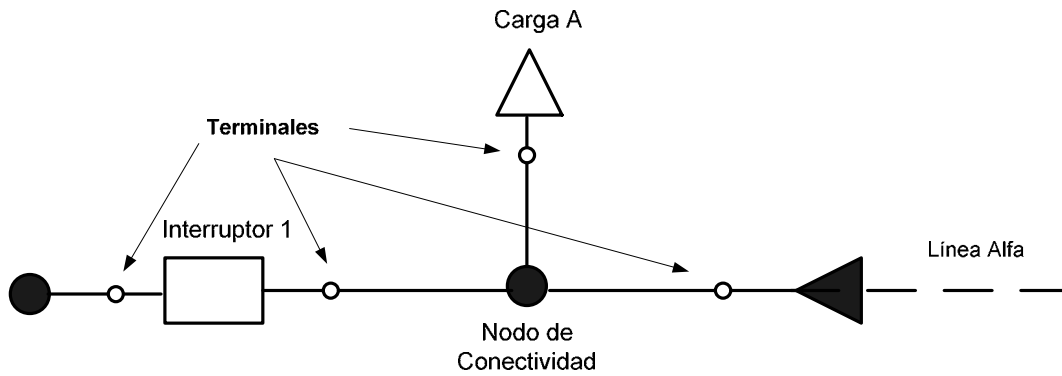
Puesto que solamente las partes del Equipo de Conducción transportan corriente en la red, la asociación a la clase Terminal es desde el Equipo de Conducción, con una multiplicidad de 0...* (cero a muchos), puesto que las partes del equipo de conducción pueden tener cero o más conexiones a la red. La relación correspondiente que tiene el Terminal con el Equipo Conducción es una multiplicidad de 1 ya que un Terminal sólo puede estar asociado con un Nodo de Conectividad. Como la clase Interruptor (a través de su clase padre “Seccionador”), Consumidor Energía y Segmento de línea de AC o DC (a través de la clase “Conductor”), todas son heredadas de la clase Equipo de Conducción, que a su vez heredan la relación de asociación con la clase “Terminal”.

Con ello, la relación de conectividad entre Terminales, Equipo Conducción y Nodos de Conectividad se ilustra en la siguiente Figura:



La inclusión de los terminales en un principio puede parecer innecesaria, pero así es como se define la conectividad, los terminales también se utilizan para definir los puntos de conectividad relacionados con la medición en la red, medición de: flujos de potencia, corrientes y voltajes.

La importancia de permitir que el punto de medición se defina con tanta exactitud se muestra en la figura:



En este diagrama el Interruptor 1 tiene dos terminales asociados a él, para representar los dos puntos de conexión distintos que tendría en el mundo real en un sistema eléctrico. Si el interruptor está abierto entonces el voltaje medido será diferente en estos dos puntos donde el interruptor se conecta a la red.

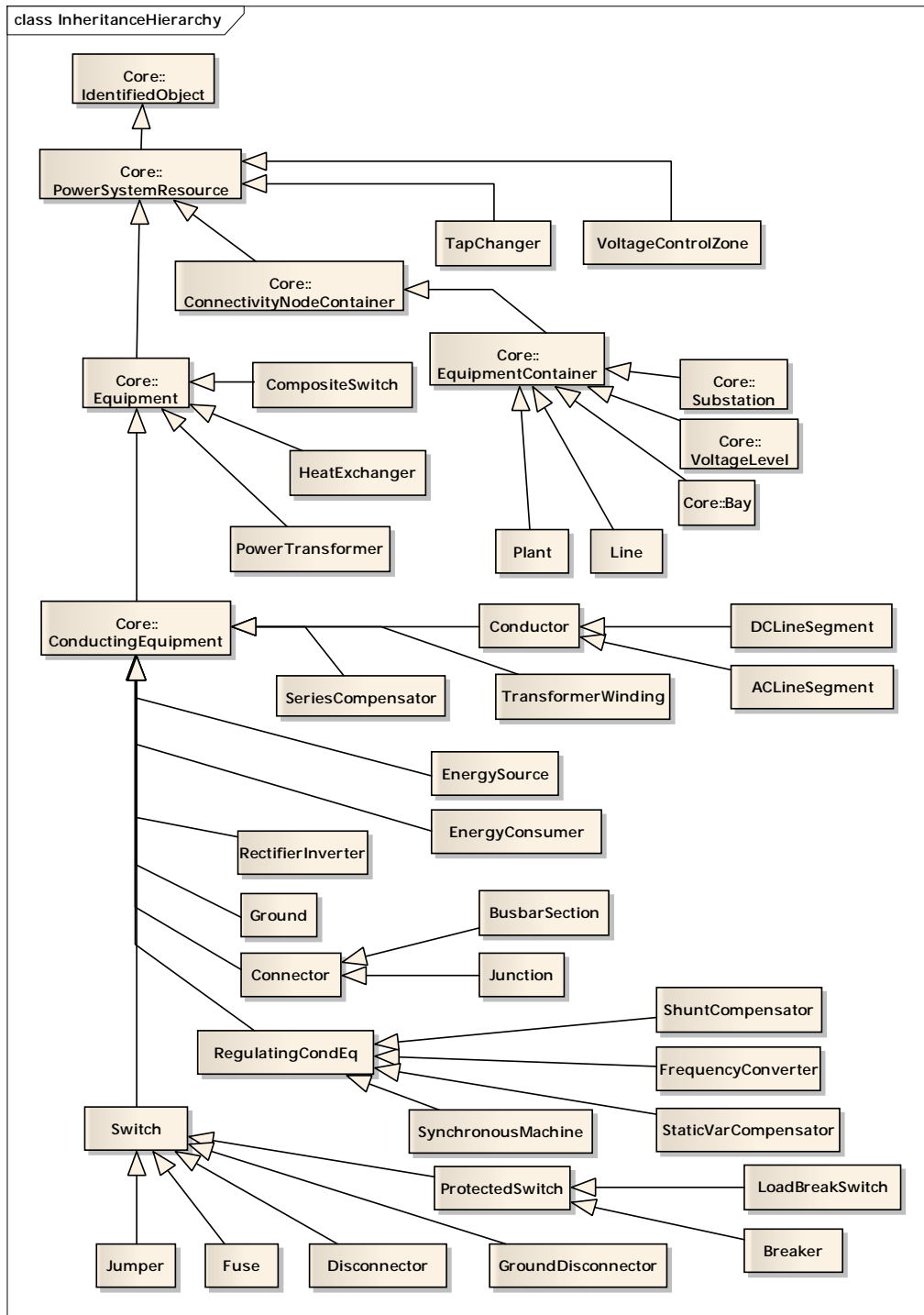
Esto daría lugar a una ambigüedad si la medición se define únicamente como un componente en particular, sin información específica acerca de en qué punto se hizo la conexión de medición.

5.4.1.3 Paquete “Wires”

Es una extensión a los paquetes “Core” y “Topology” que modela información sobre las características eléctricas de las **Redes** de Transmisión y Distribución. Este paquete es utilizado para aplicaciones de análisis de redes, tales como Estimación de Estados, Flujos de Carga y Flujo Optimo de Potencia.

Este paquete es muy grande, con ello se presentará un diagrama de herencia de los distintos elementos de la red eléctrica y luego se analizará los diagramas de líneas, transformadores y seccionadores.

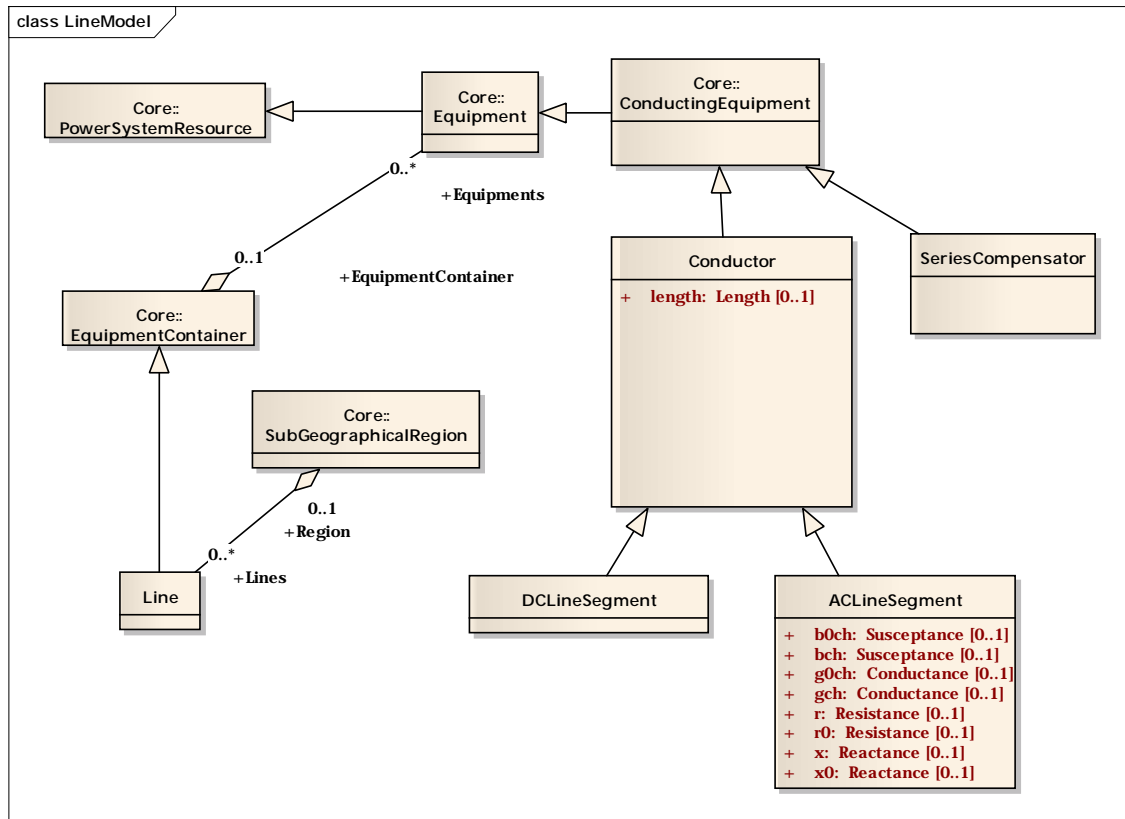
📌 Diagrama de Herencia de las clases definidas en el paquete “Wires”



Para comprender la jerarquía de clases del diagrama anterior, se tomará como ejemplo la clase del interruptor “**Breaker**”. Un interruptor es uno de los componentes más comunes en un sistema eléctrico, descrito como un equipo de seccionamiento (características de apertura o cierre) capaz de transportar e interrumpir corrientes bajo condiciones normales del circuito y conduciendo también la corriente durante un tiempo determinado e interrumpiéndola en determinadas condiciones anormales.

Con ello, un Interruptor puede considerarse como un Recurso del Sistema de Potencia, un Equipo, un tipo de Equipo de Conducción y un tipo de Seccionador con propiedades de Protección.

Modelo de Líneas

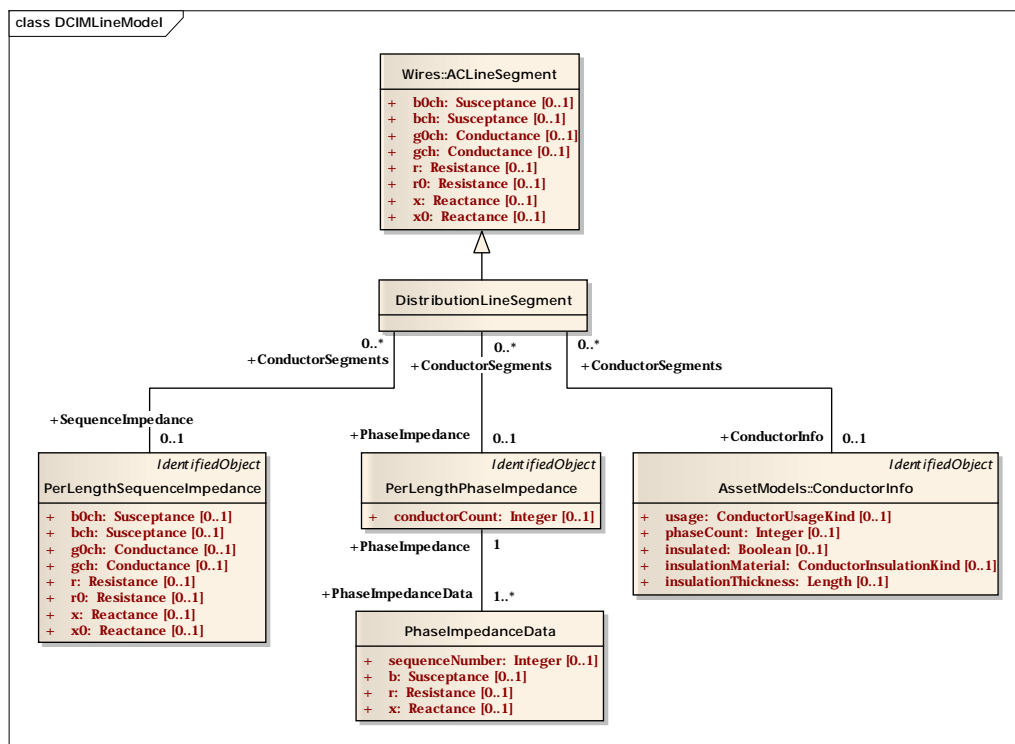


Conductor: tiene una relación de herencia directa desde la clase “ConductingEquipment”. Esta clase contiene los atributos eléctricos comúnmente asociados con una línea, esto incluye la resistencia, reactancia, conductancia y susceptancia de secuencia positiva y de secuencia cero. Corresponde a la combinación de material de conducción con características eléctricas definidas, formando un sistema eléctrico único, utilizados para transportar corriente entre puntos del sistema eléctrico.

ACLineSegment y **DCLineSegment:** desde la clase Conductor existe la herencia a estas dos clases, que expresan los Segmentos de Línea AC (corriente alterna) y DC (corriente continua). Para extender hacia los segmentos de líneas de distribución, existe el paquete “WiresExt” dentro de la norma IEC 61968, como se detalla a continuación:

DistributionLineSegment: Es una extensión de la clase 'ACLineSegment', donde los parámetros eléctricos se pueden calcular de la siguiente manera:

- Calcular los parámetros eléctricos a partir de datos de activos, utilizando las asociaciones 'ConductorInfo', estos valores luego se multiplican por 'Conductor.length' para producir un modelo matricial.
- Calcular los parámetros desbalanceados asociados con la clase 'PerLengthPhaseImpedance', estos valores luego se multiplican por 'Conductor.length' para producir un modelo matricial.
- Calcular los parámetros eléctricos transpuestos asociados a la clase 'PerLengthSequenceImpedance', luego se multiplica por 'Conductor.length' para producir un modelo de secuencia.



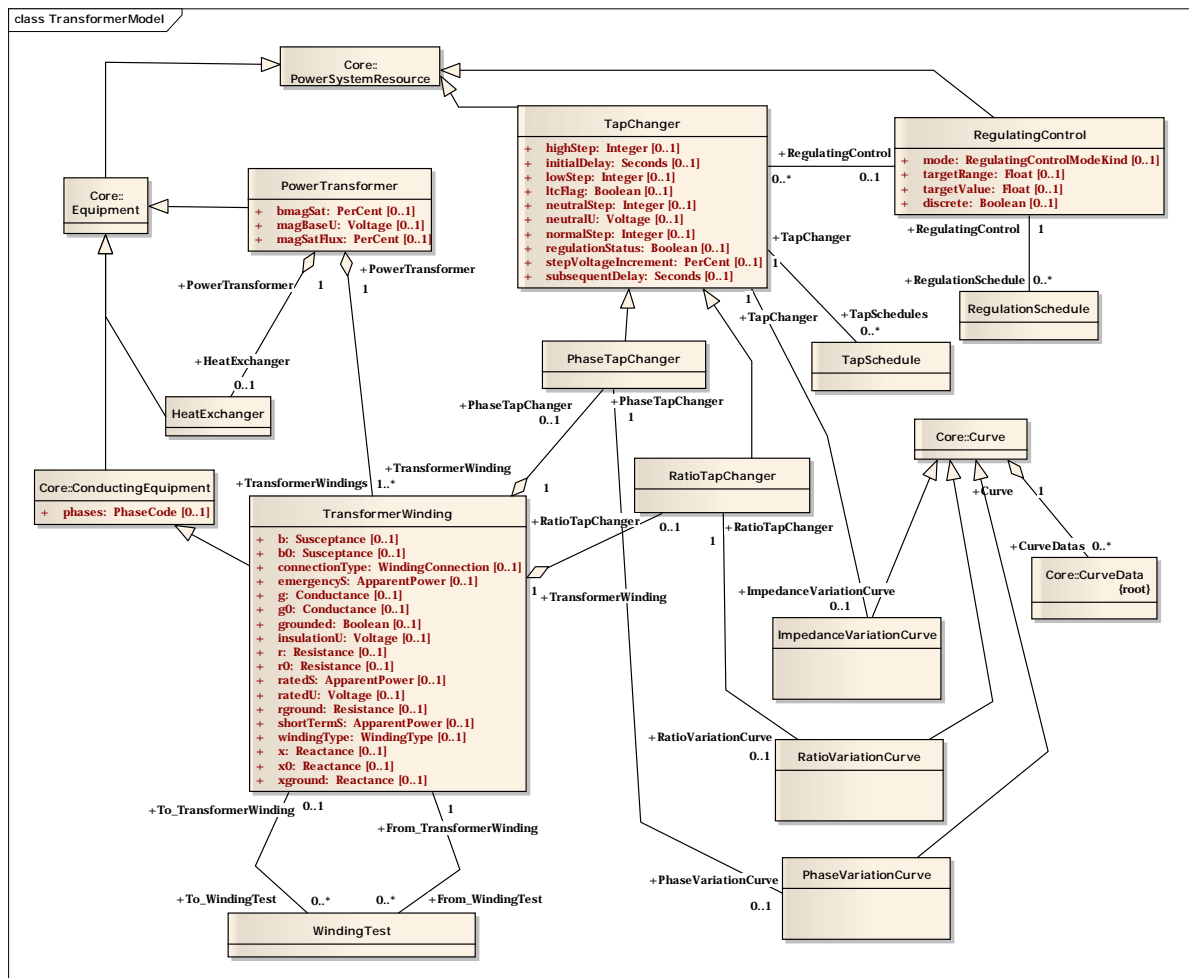
Para líneas trifásicas simétricas, transpuestas, es suficiente utilizar los atributos heredados del 'ACLineSegment', que describen la secuencia de impedancias y admitancias de toda la longitud del segmento.

Modelo de Transformadores

PowerTransformer: tiene una relación de herencia hacia la clase Equipos. Es un equipo eléctrico que consta de dos o más devanados acoplados

(TransformerWindings), con o sin un núcleo magnético, para introducir un acoplamiento mutuo entre los circuitos eléctricos. Además consta de una relación de agregación hacia el intercambiador de calor (HeatExchanger), para su refrigeración y extracción de calor.

TransformerWindings: para este caso, la relación de herencia es hacia los Equipos de Conducción. Un devanado está asociado con cada terminal definido de un transformador (o desplazamiento de fase). Los transformadores pueden ser utilizados para controlar la tensión y desplazamiento de fase, con ello está conformado por los cambiadores de tap (TapChanger) tanto de tensión como de fase.



TapChanger: mecanismo para el cambio de posiciones del tap de los devanados del transformador. Se observan las relaciones de los cambiadores de tap hacia las curvas de variación de impedancia, tensión y fase

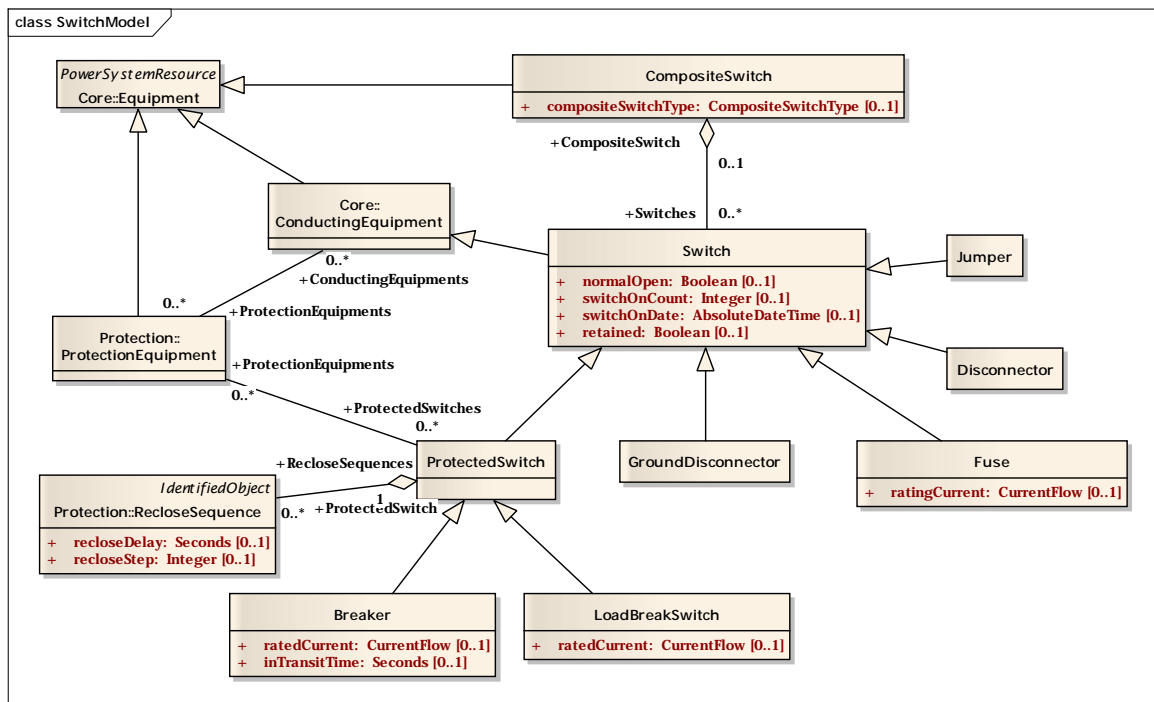
respectivamente. Además se destaca un patrón o programación del tap en el tiempo.

RegulatingControl: Especifica un grupo de equipos que trabajan en conjunto para controlar una magnitud del sistemas de potencia, tal como el voltaje o el flujo

De forma similar al punto anterior, este modelo se extiende a distribución con la clase “**TransformerBank**”, lo cual corresponde a un ensamblaje de transformadores que se conectan entre sí. Para transformadores trifásicos, habrá un transformador por banco. Para los bancos de transformadores monofásicos, habrá más de un transformador por banco, y no necesariamente deben ser idénticos. Así mismo también existe la clase correspondiente a los devanados “**DistributionTransformerWinding**”.

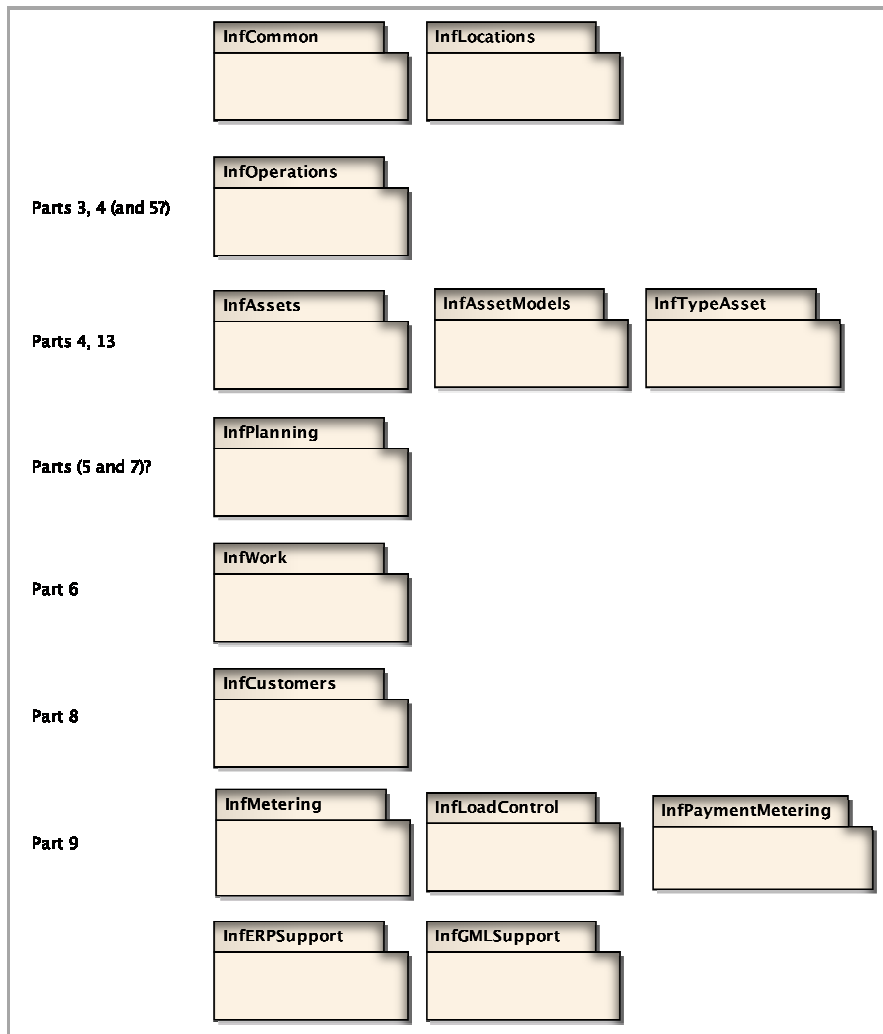
Modelo de Seccionadores

En este diagrama se destaca la clase “**Switch**”, un equipo genérico diseñado para cerrar o abrir, o ambos, uno o más circuitos eléctricos. Por otro lado se encuentran los seccionadores con capacidad de protección “**ProtectedSwitch**”



5.4.2 Paquetes relevantes de la IEC 61968

FIGURA 17 PAQUETES RELEVANTES IEC 61968

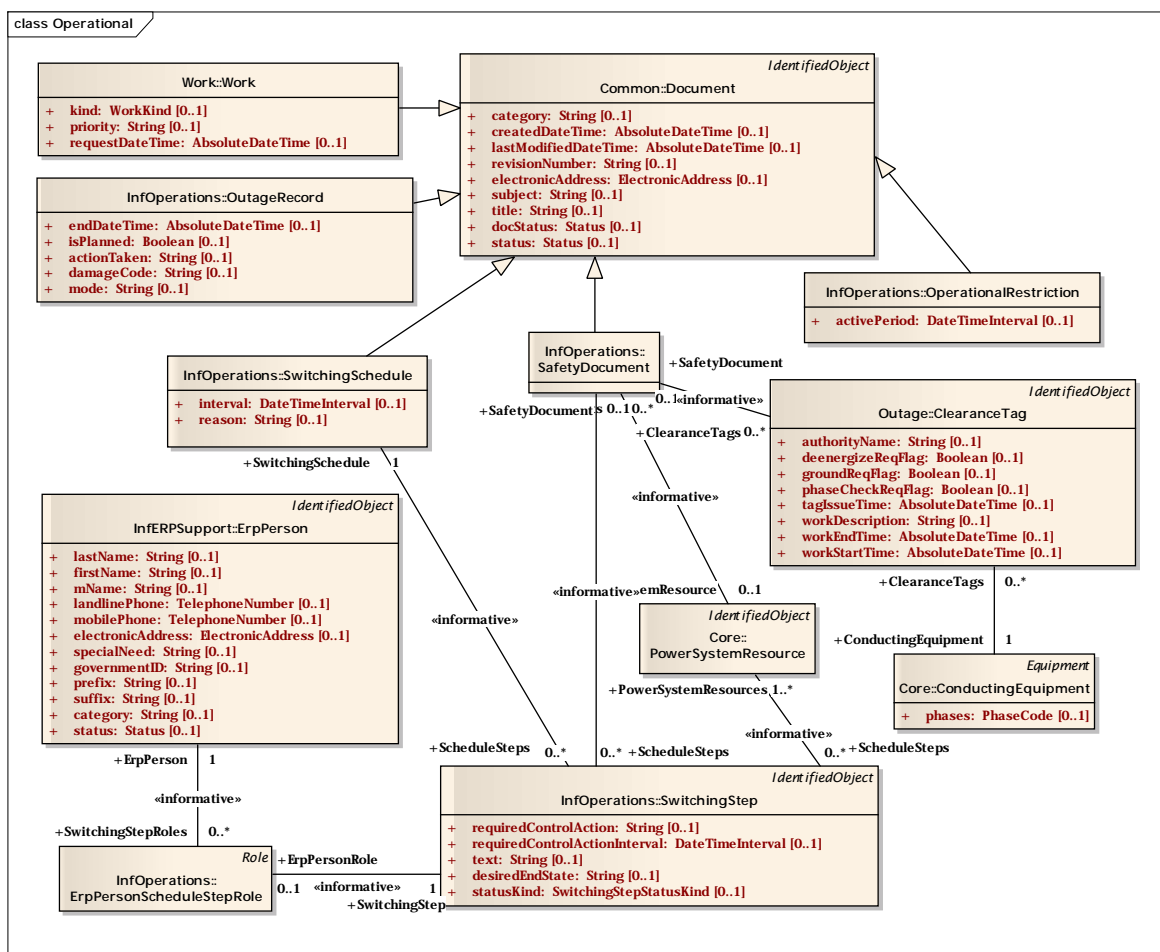


De este grupo de paquetes, de forma similar a la norma anterior, se describen algunos relevantes para tener una visión del alcance del Modelo en los sistemas de la gestión de la Distribución.

5.4.2.1 Paquete “Operations”

El paquete de **Operación** contiene objetos normalmente usados por los sistemas de gestión de interrupciones OMS y gestión de la distribución DMS. Esto incluye interrupciones, documentos de maniobras y documentos de seguridad.

OutageRecord: se utiliza para el registro de interrupciones eléctricas producidas en el sistema de distribución, típicamente generadas tras el disparo de un interruptor, confirmadas desde un SCADA; o de un sistema de llamadas de incidentes “TroubleCall” mediante la agrupación de llamadas. En el Registro de Interrupción se graba la fecha inicial, final y duración de la interrupción, el tipo de interrupción y las acciones tomadas para su restauración. Tiene una asociación con la clase “OutageStep” quien registra los clientes, tiempo estimado de restauración, entre otros; ésta a su vez relaciona al Equipo de Conducción para registrar la ubicación de la interrupción eléctrica.



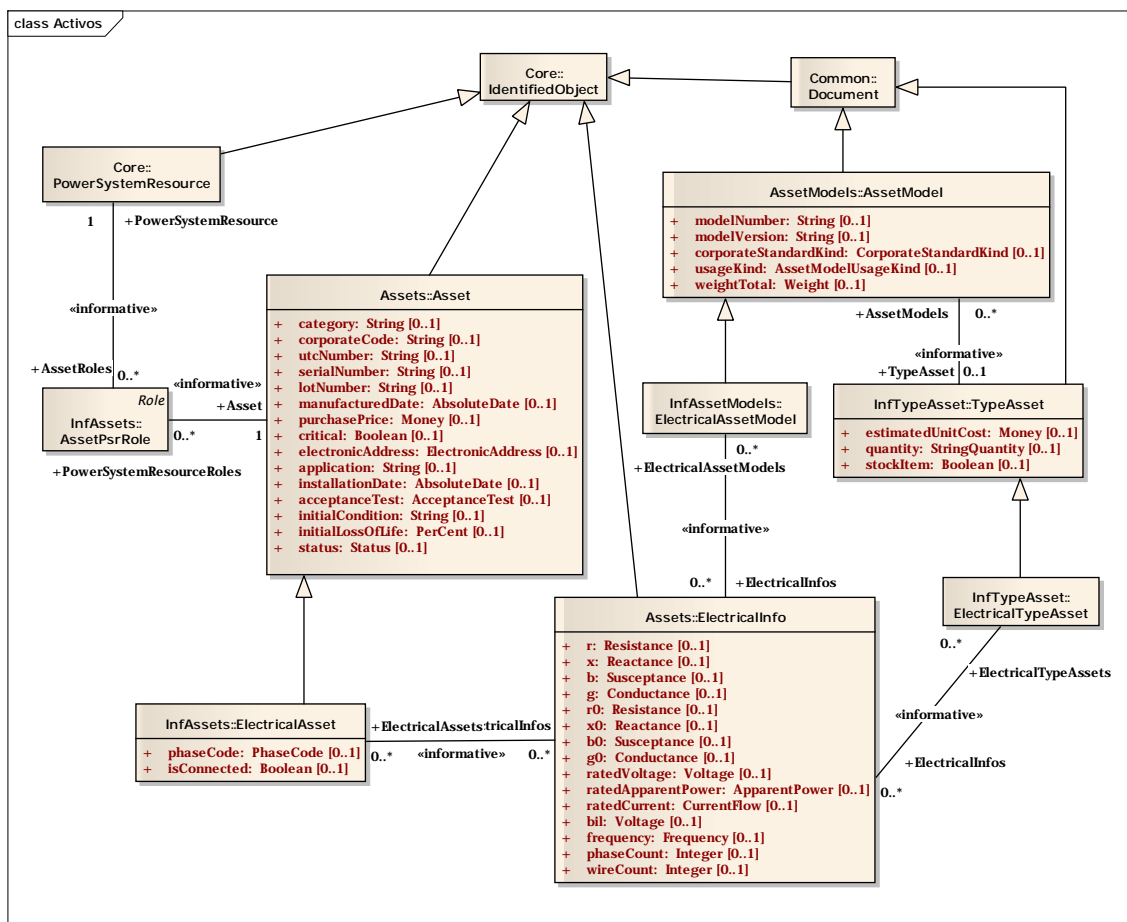
SwitchingSchedule: se utiliza para definir una secuencia planificada o actual de pasos de maniobras (apertura/cierre) para ser ejecutados en el sistema de distribución. Se destina a describir todos los detalles operativos para maniobras de seccionamiento, para la operación en tiempo real que incluye otras actividades tales como puesta a tierra, documentos de seguridad, etc.

SwitchingStep: está asociado a la clase anterior para registrar cada uno de los pasos de la planificación de maniobras. Cada paso registra la fecha y hora desde la ejecución hasta cuando fue completado, además el paso está asociado con un Recurso del Sistema de Potencia para el registro del equipo operado.

ClearenceTag: una etiqueta de autorización se utiliza para autorizar y programar el trabajo en el campo. Esto incluye algunas banderas para etiquetar los equipos de conducción por aspectos de seguridad.

5.4.2.2 Paquete “Assets”

Este paquete contiene las principales clases de información que soportan las aplicaciones de gestión de **Activos** con clases especializadas para el modelo del nivel del activo para objetos.





Asset: Son los recursos tangibles de la empresa, incluyendo los equipos del Sistema de Potencia, armarios, edificios, etc. Para los equipos de la red eléctrica, el papel del activo es definido a través del Recurso del Sistema de Potencia (AssetPsrRole) y sus subclases, definidas principalmente en el modelo de Redes 'Wires' (IEC 61970). La descripción de activos hace énfasis en las características físicas de los equipos y el papel que cumplen. A los Activos que tienen o pueden tener un rol dentro de la red eléctrica se denominan "ElectricalAsset"

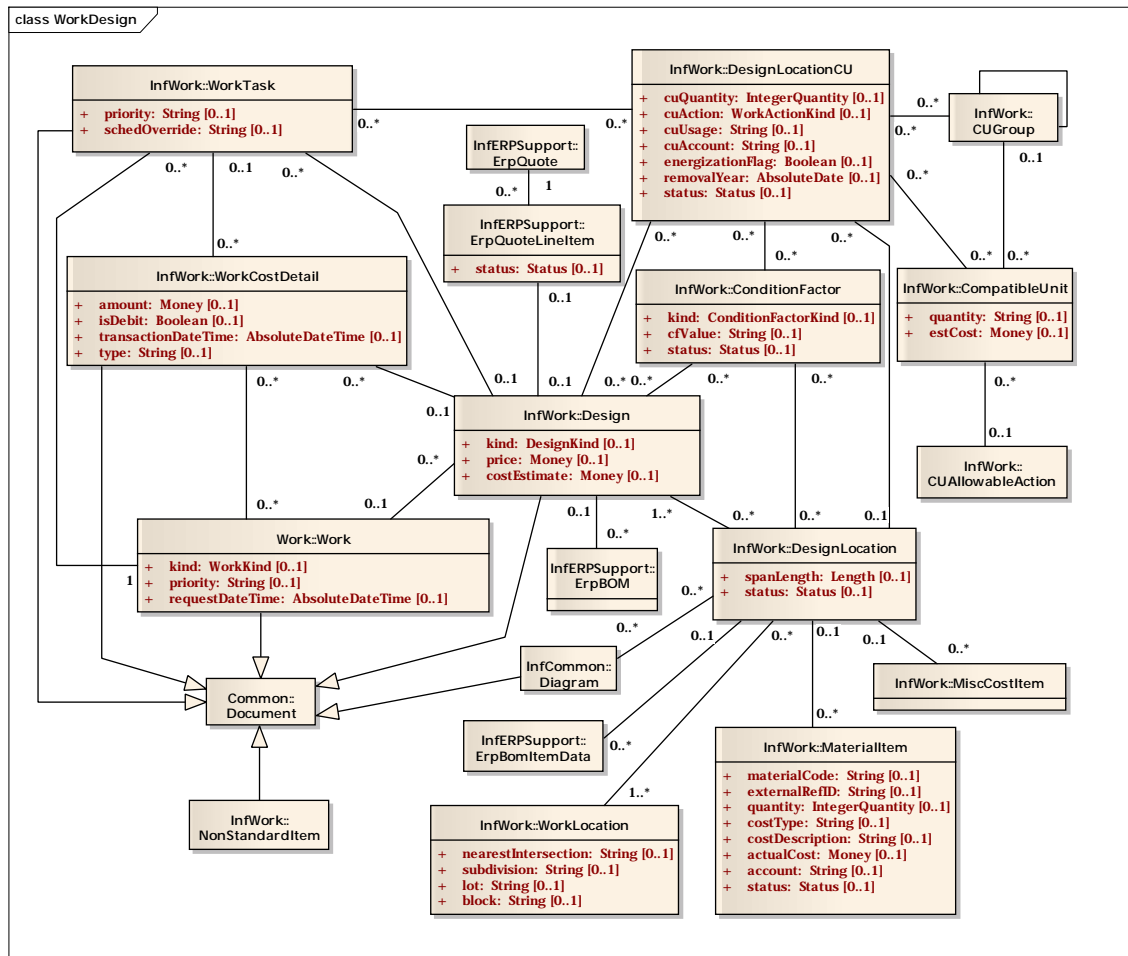
AssetModel: Documentación para el modelo de un producto en particular hecho por un fabricante. Existen típicamente muchos casos en que un activo está asociado con un único modelo de activo. En el caso de los Activos eléctricos el modelo se asocia a la clase "ElectricalAssetModel".

TypeAsset: Considerando que un 'Modelo de Activo' es un modelo y versión particular de un producto de un vendedor, un 'Tipo de Activo' es la documentación para activos genéricos o items de materiales, que pueden ser utilizados para propósitos de diseño. Cualquier cantidad de 'Modelos de Activos' pueden ser utilizados para realizar esta función genérica. La función principal del 'Tipo de Activo' es típicamente definida por el 'PSR' que está asociado con este. El tipo de activo con características eléctricas se asocia a la clase "ElectricalTypeAsset".

ElectricalInfo: Se registran las propiedades eléctricas de un activo o de un modelo de activo (producido por un fabricante). También puede utilizarse para definir las propiedades eléctricas de cada fase individual. No todos los atributos pueden ser requeridos por cada tipo de activo o modelo de activo. Por ejemplo, un Transformador solo puede tener requerimientos de los atributos "Voltaje Nominal", "Potencia Aparente Nominal" y "Número de Fases", mientras que un conductor tendrá los requerimientos de "r", "x", "b" y "g" por unidad de longitud además de "Corriente Nominal" y "Voltaje Nominal".

5.4.2.3 Paquete "Work"

Este paquete contiene las principales clases de información que soportan las aplicaciones de la Gestión del **Trabajo** y la Planificación de la Extensión de la Red. Para mostrar un ejemplo se presenta un diagrama de clases correspondientes al Diseño.



Work: Documento utilizado para solicitar, iniciar, seguir y registrar un trabajo.

Design: Un diseño para consideración de clientes, clientes potenciales, o trabajo interno. Un conjunto de tareas es requerido para implementar un diseño "WorkTask".

Para ubicar o localizar un Diseño existen las clases "DesignLocation" como una parte lógica del mismo, "Diagram" son los despliegues geográficos o esquemáticos y mapas asociados utilizando estándares tales como GML. Las



unidades compatibles o constructivas se ubican dentro de un diseño en particular “DesignLocationCU”. Por último la información de la ubicación del trabajo es definida en “WorkLocation”.

“WorkCostDetail”: Una conjunto de todos los items de costos individuales obtenidos de múltiples fuentes, tales como costos de mano de obra, equipos, materiales “MaterialItem”, misceláneos “MiscCostItem”, servicios de contratistas y trabajos no estandarizados como excavaciones “NonStandardItem”. En la clase “ConditionFactor” se especifican los distintos factores de condiciones para que un diseño pueda alterar el costo estimado o la asignación. La cotización de cierto diseño, por parte de un proveedor, es registrada en la clase “ErpQuote”. Además determinados componentes de los sistemas ERP requieren un listado de materiales (Bill of Material) “ErpBOM”.

“CompatibleUnit”: Una unidad compatible o constructiva corresponde a un modelo del trabajo pre-planificado que contiene mano de obra, materiales y requerimientos contables para la planificación de un trabajo estandarizado. Donde un Grupo “CUGroup” identifica un conjunto de 'Unidades Compatibles' que pueden ser utilizadas conjuntamente para la estimación y la designación de trabajos. Existen acciones permitidas tales como Instalar, Remover, Transferir, Abandonar, las cuales se definen en “CUAllowableAction”.

5.5 Definición de Interfaces Genéricos GID

La definición de interfaces genéricos GID (Generic Interface Definition) es un subconjunto de estándares del trabajo de la IEC TC 57 que implica la definición de interfaces de aplicaciones basadas en el CIM. Esto es definido en la serie de la norma IEC 61970-4xx. En la terminología de la IEC, estos reciben el nombre de Especificación del interfaz de los Componentes (CIS). La siguiente es una lista de los estándares relevantes:

- ❖ **IEC 61970-401** “Component interface specification framework”:
Framework de la Especificación del Interfaz de los Componentes
- ❖ **IEC 61970-402** “Common services”: Servicios Comunes



- ❖ **IEC 61970-403** “Generic data access”: Acceso a Datos Genéricos GDA
- ❖ **IEC 61970-404** “High speed data Access”: Acceso a Datos de Alta Velocidad HSDA
- ❖ **IEC 61970-405** “Generic eventing and subscription”: Eventos Genéricos y Suscripción
- ❖ **IEC 61970-406** “Program invocation”: Programa de Invocación
- ❖ **IEC 61970-407** “Time series data access”: Acceso a Datos de Series de Tiempo TSDA

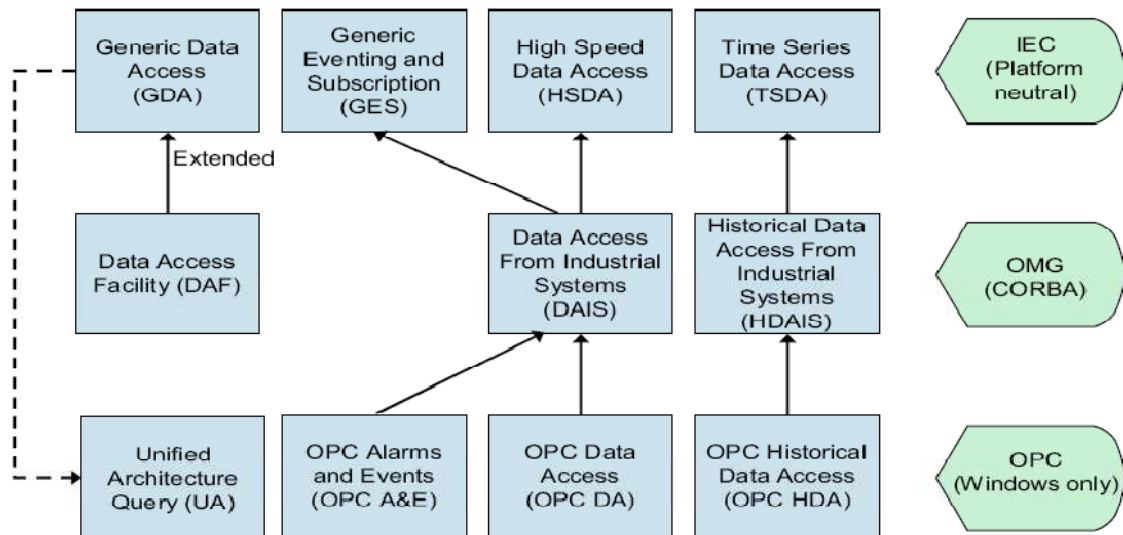
Las GIDs cubren el ámbito de proporcionar APIs para que las aplicaciones se comuniquen sin utilizar software de integración, fundamentalmente una conexión directa entre dos aplicaciones en lugar que mediante una capa intermedia de software. Este tipo de conexión es conveniente para escenarios donde los propósitos generales de integración de software no están siendo utilizados y/o donde no se desea una sobrecarga en la integración de software. Esto se aproxima a lograr el objetivo de integración *plug-and-play*. Sin embargo, cierta configurabilidad y adaptabilidad para diferentes procesos del negocio no está presente cuando se utilizan los adaptadores basados en GID.

En el mercado de productos EMS, hay vendedores que ofrecen conectores basados en GID que se pueden conectar directamente a otras aplicaciones. Estas conexiones basadas en GID también son testeadas como parte de las pruebas de interoperabilidad patrocinadas por EPRI.

Las definiciones de GID no incluyen las definiciones de la capa de transporte. Las implementaciones existentes hoy en día suelen aprovechar una serie de normas de la Fundación OPC (conectividad abierta a través de estándares abiertos). Los estándares de la Fundación OPC proporcionan un bien conocido acercamiento para la comunicación de la capa de transporte que se utiliza ampliamente en muchas aplicaciones de automatización (manufactura, control de procesos, etc.)

Los estándares GID se basan en estándares abiertos existentes tanto para la energía y usos industriales definidos en los siguientes estándares:

- ⇒ Object Management Group (OMG): Acceso a datos para sistemas industriales, acceso a datos para instalaciones.
- ⇒ OLE for Process Control (OPC): Acceso a datos, acceso a datos históricos, alarmas y eventos.



La Fundación OPC (<http://www.opcfoundation.org>) desarrolla interfaces de programación de aplicaciones con capacidad *plug-and-play* de aplicaciones y controladores llamados OLE para Control de Procesos (OPC). La comunidad OPC es líder en la automatización y control de procesos industriales proporcionando conectividad a cientos de aplicaciones de automatización.

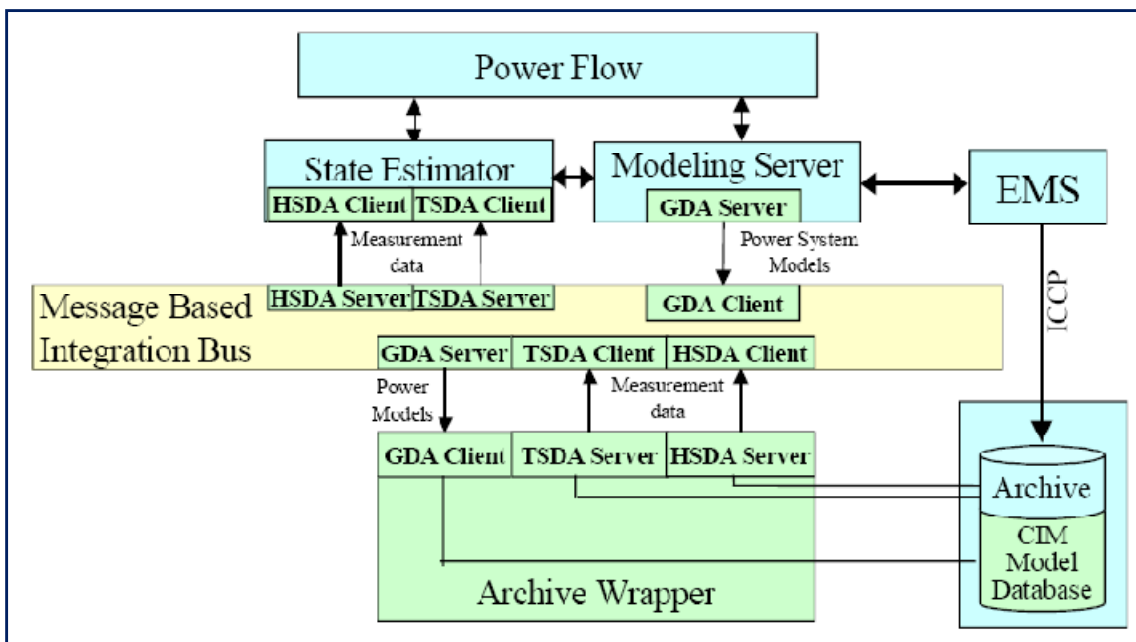
OPC inició como un estándar basado en la tecnología de Windows llamado OLE, pero hoy en día está disponible como una multiplataforma tecnológica incluyendo servicios web y SOA.

Sin embargo, debido a la naturaleza del control de procesos del estándar OPC, la adopción por los vendedores de aplicativos para centros de control en el ámbito de la distribución son menos propensos a desarrollar la integración con los adaptadores basados en OPC debido a que sus preferencias son más hacia tecnologías de integración horizontales (bus de información).

Por esta razón, lo más probable de la integración de soluciones en la distribución, es que se desplieguen mezcladas con la integración basada en GID para las aplicaciones del centro de control conectadas a tecnologías

dominantes horizontales tales como Arquitectura Orientada a Servicios (SOA) y Bus de Servicios Empresarial (ESB) que se utilizarán para la integración de toda la empresa (analizadas en el capítulo 4). Es técnicamente factible enlazar los adaptadores GID con plataformas de integración empresariales, evitando que se formen los silos.

El siguiente ejemplo muestra lo mencionado previamente, donde se comparte en un bus de integración los datos de mediciones y los modelos del sistema de potencia mediante interfaces CIM/GID.



CAPÍTULO 6

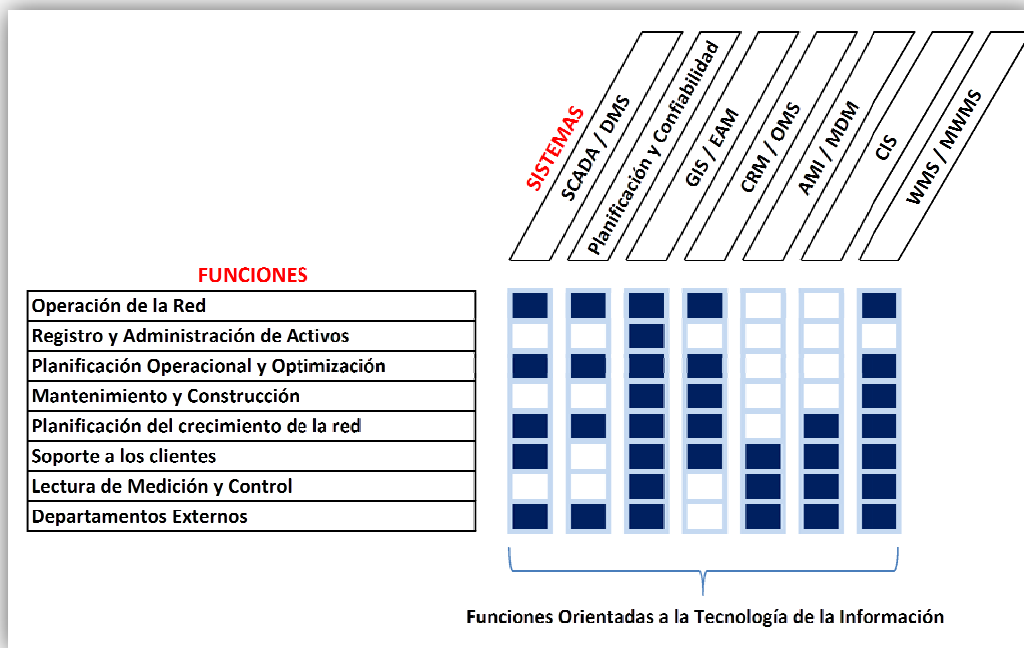
RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez revisados todos los conceptos relacionados al Modelo de Información Común “CIM”, esto es, la definición de las funciones del IRM, la semántica o lógica del estándar modelada en lenguaje UML, el concepto de interoperabilidad y las actuales tecnologías de integración estándares, **los resultados obtenidos con la adopción del CIM son garantizar una adecuada organización o arquitectura de interoperabilidad de los sistemas que soportan los procesos de la Gestión de la Distribución Eléctrica.** Con ello, en el presente capítulo se describe dicha Arquitectura de Interoperabilidad y el proceso de Implementación del Modelo Propuesto, lo que permitirá afrontar estos nuevos retos de las redes inteligentes y sostenibilidad energética analizados previamente en el capítulo 2.

6.1 Introducción

Según la norma IEC 61968 (IEC, 2003) las aplicaciones o sistemas especialistas dentro de la Gestión de la Distribución que soportan las funciones definidas en el IRM son los siguientes:

FIGURA 18 FUNCIONES DEL IRM Y SISTEMAS DE UNA UTILITY



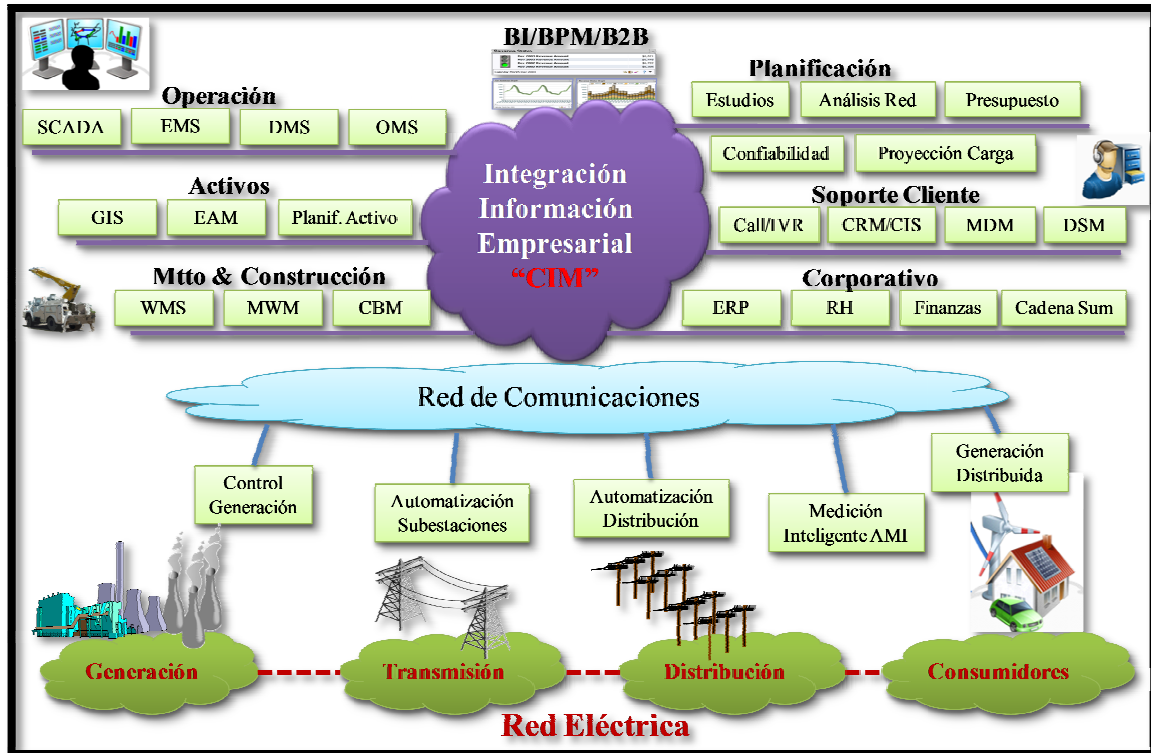


Por ejemplo para dar soporte a la Función de la “Operación de la Red” (la primera fila de funciones), es necesario apoyarse en sistemas:

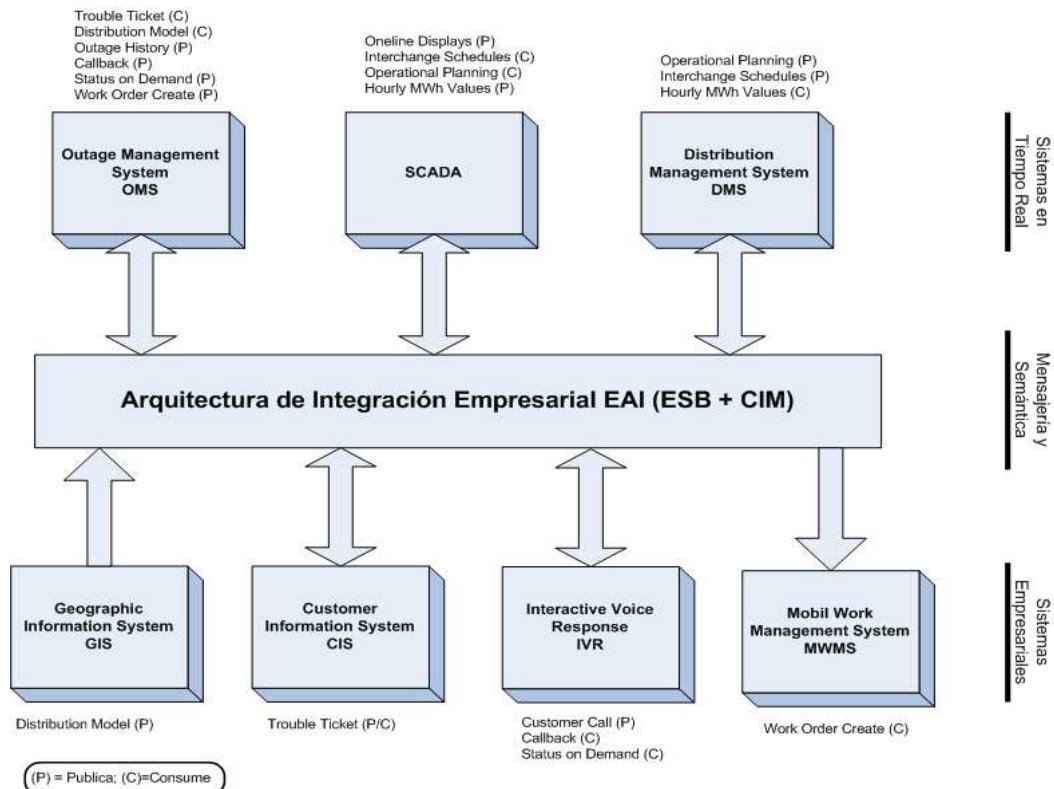
- con los datos adquiridos en tiempo real de un SCADA, ya sea mediciones o estados de equipos
- realizar una planificación de maniobras, simulaciones, llevar un control de la red a través de un DMS
- para lo cual se requiere contar con la topología de redes e información de los activos eléctricos desde un GIS
- llevar una gestión de interrupciones del suministro eléctrico y el historial de fallas durante la operación se requiere contar con un OMS
- recibiendo los incidentes eléctricos desde un CRM parte de un CIS y con la información de llamadas desde un “call center” o IVR
- luego asignar las órdenes de trabajos de reparación, bajo condiciones de seguridad, a las cuadrillas gestionadas dentro de un MWMS,
- por otro lado es necesario conocer las interrupciones planificadas por un WMS y costear los trabajos de reparación de emergencias.

El ejemplo anterior nos muestra que para el dominio de la “Operación” cada sistema tiene su rol o función, con lo cual debe existir la interoperabilidad que garantice el intercambio de información bajo la semántica del CIM analizada.

Para los otros dominios de las funciones definidas en el IRM tenemos la misma problemática de intercambio de información. Además con la introducción de SG realizada en el capítulo 2, se observó una arquitectura operacional y se destaca la Integración de esta gran Red de Información o Datos Empresariales, con lo cual surge la necesidad de la adopción de este modelo estándar “CIM”, como un modelo de gestión integral para una empresa eléctrica. La siguiente figura describe aquello:

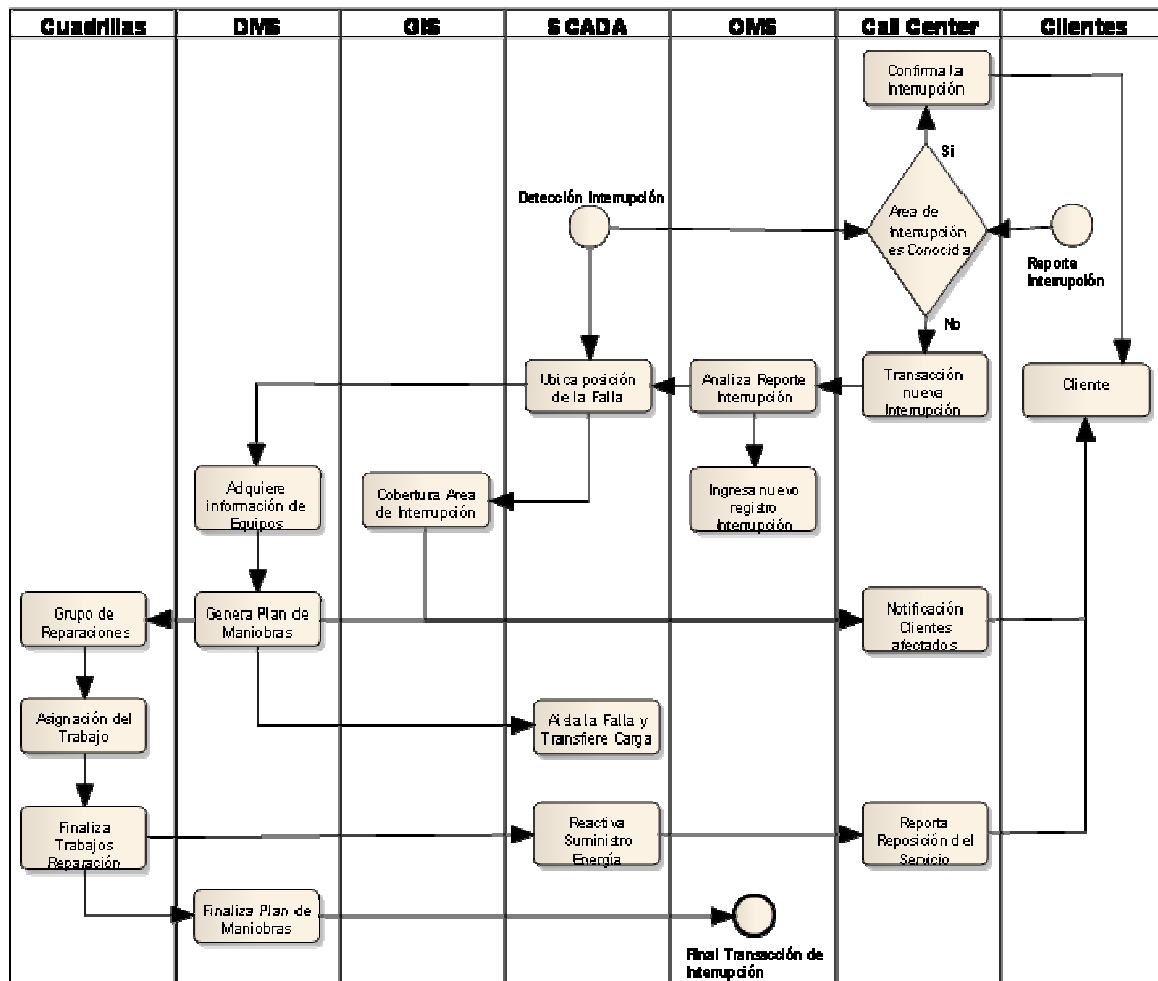


Con esto, sobre la Arquitectura de Interoperabilidad, los sistemas producen o consumen servicios, de acuerdo al flujo del proceso del negocio, como se muestra en la siguiente gráfica los mensajes más comunes de este mismo ejemplo en la Operación.



Suponiendo que se da una interrupción del servicio eléctrico no planificada y se requiere notificar a determinados clientes afectados, críticos o especiales, para lo cual el OMS programa una devolución de llamada “Callback” (produce este servicio), para que la llamada sea ejecutada automáticamente a través del IVR (consume el servicio) y notificar dicha interrupción con información adicional tal como el tiempo estimado de restauración del servicio para este tipo de interrupción.

Además de la integración de aplicaciones, existe la necesidad de modelar y monitorear los procesos del negocio, a fin de optimizar o mejorar continuamente la calidad de una empresa eléctrica. Continuando con el mismo ejemplo, se presenta un flujo del proceso para el caso de una interrupción no planificada, en el cual se ha colocado como actores a los sistemas involucrados.

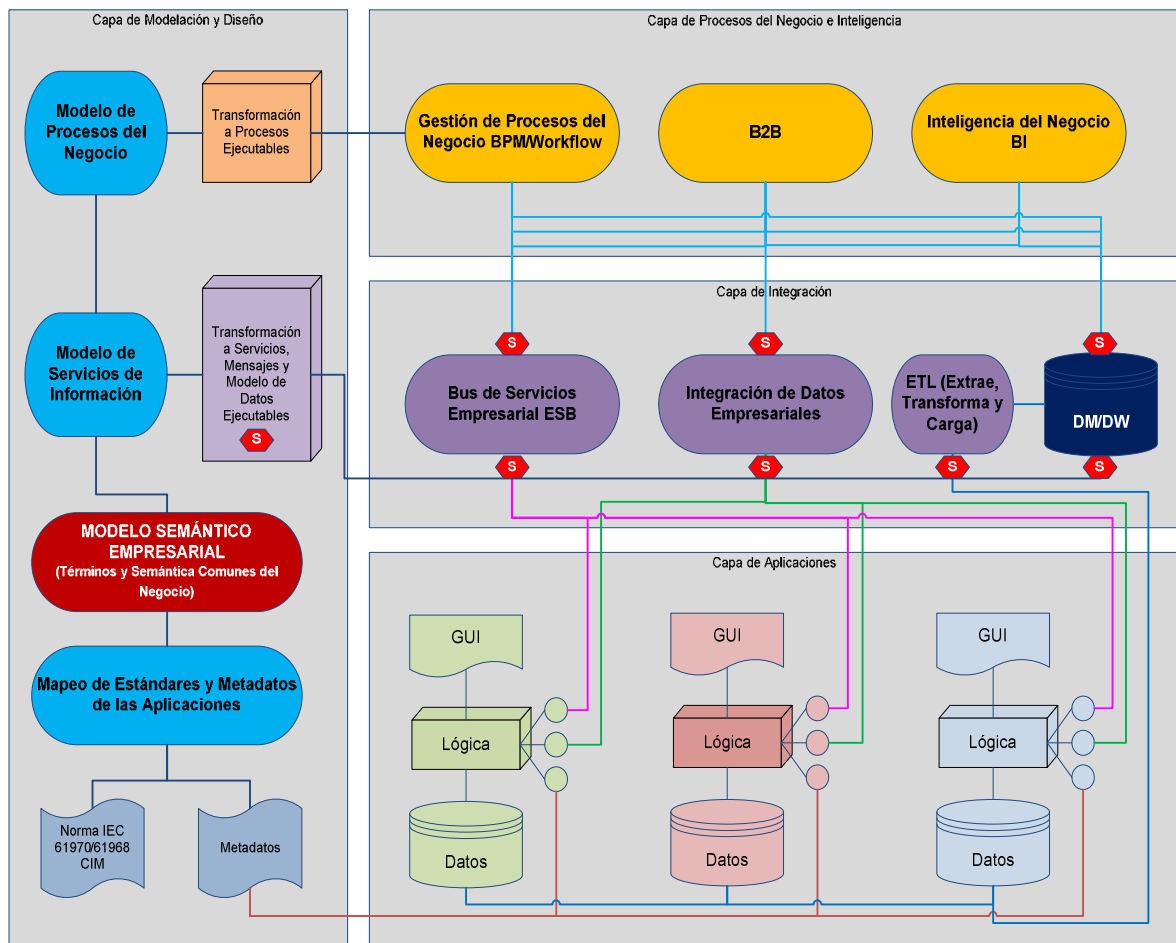


Por otro lado, ya con ese gran volumen de información es necesario contar con almacenes de datos o “Data Warehouse”, esta extracción y carga de información es conveniente que mantenga la semántica del estándar. Además la información empresarial debe presentarse en cuadros de mando integral (dashboard) para la toma de decisiones.

Con lo brevemente revisado se propone la siguiente Arquitectura de Interoperabilidad fundamentada en el Modelo de Información Común “CIM” y con Tecnologías de Información estándares, lo cual permitirá realizar una verdadera Gestión de la Distribución y Comercialización de la Energía Eléctrica.

6.2 Arquitectura de Interoperabilidad Propuesta

FIGURA 19 ARQUITECTURA DE INTEROPERABILIDAD PROPUESTA



6.2.1 La modelación del negocio y la capa de diseño

Por lo general, la modelación de los procesos del negocio y el diseño se realizan como principios básicos dentro de un proyecto, por un proceso del ciclo de vida de TI corporativos. Lo que se pasa por alto es la forma de introducir y gestionar la semántica coherente del negocio en tiempo de diseño. La modelación del negocio y la capa de diseño muestran que los modelos de los procesos del negocio conducen a modelos de servicios de información, que se apoyan en un Modelo Semántico Empresarial ESM (Enterprise Semantic Model). Los modelos de servicio de información son las recolecciones de los servicios, las operaciones y los mensajes utilizados para el intercambio de información. El ESM se desarrolla a través de una combinación de estándares de la industria, los metadatos de aplicaciones internas, y los términos y definiciones del negocio, y se define utilizando el lenguaje UML. Este modelo es transformado en definiciones WSDL y XSD para el intercambio de mensajes transaccionales o DDL para el intercambio de información de base de datos. Las salidas de los modelos de procesos y servicios de información, conducirán a un entorno en tiempo de ejecución en las tres capas de la derecha, Figura 19.

A nivel de procesos de negocio, la norma recomendada para la integración entre la modelación “BPMN” y las aplicaciones de gestión de procesos es BPEL. Los modelos de procesos pueden ser generados en forma de BPEL y pueden ser fácilmente transformados a procesos ejecutables. Esto es fundamental para lograr la interoperabilidad a nivel de procesos de negocio. De acuerdo a Wikipedia, BPEL es un lenguaje de orquestación, no un lenguaje coreográfico (servicio Web de Coreografía). La principal diferencia entre la orquestación y coreografía es la ejecutabilidad y control. Una orquestación especifica un proceso ejecutable que implica el intercambio de mensajes con otros sistemas, de modo que las secuencias de intercambio de mensajes son controladas por el diseñador de la orquestación. Coreografía en este contexto, especifica un protocolo para la interacción punto a punto, definiendo, por ejemplo, las secuencias permitidas de los mensajes intercambiados con el fin de garantizar la interoperabilidad. Este protocolo no es directamente ejecutable,



ya que permite muchas realizaciones diferentes (procesos que cumplen con este). Una coreografía puede ser realizada escribiendo una orquestación (por ejemplo, en la forma de un proceso BPEL) para cada par involucrados en esto. La diferenciación de orquestación y coreografía se basa en analogías: la orquestación se refiere a la central de control (por el conductor) del comportamiento de un sistema distribuido (la orquesta consiste de muchos músicos), mientras que la coreografía se refiere a un sistema distribuido (el equipo de baile) que opera de acuerdo a las normas, pero sin un control centralizado.

6.2.2 Capa de Aplicaciones

Con la cantidad cada vez mayor de aplicaciones o software Comerciales que están siendo implementados en las empresas eléctricas “Utilities”, la capacidad de dictaminar como internamente los datos de la aplicación se modelan y representan es muy limitada. Las Empresas Eléctricas pueden hacer cumplir una consistente semántica sobre las aplicaciones dentro de la empresa que necesitan intercambiar información y proporcionar servicios fuera de los límites de la aplicación. Además, las aplicaciones actuales son capaces de ser configuradas con los campos necesarios como una Empresa Eléctrica “Utility” quiera ver sus datos, así obliga a la consistencia de la semántica en la interfaz gráfica de usuario GUI y los reportes. Idealmente, los servicios en los extremos del límite de la aplicación se adherirán a la semántica del ESM. Cuando eso no es el caso, las tecnologías tales como ESB o EII (Enterprise Information Integration) pueden ser aprovechadas para proporcionar servicios *proxy* y transformación de servicios para fijar la exposición de datos basados en el ESM (semántica) para la empresa o fuera de una empresa.

6.2.3 Capa de Integración

En las empresas de hoy, la integración de varias tecnologías coexiste. Por ejemplo, el ESB para la integración de procesos y servicios y el EDI/ETL/EII para la integración de datos coexisten en una empresa. La clave para introducir una semántica consistente es contar con un ESM tanto en el diseño de la integración de servicios (por lo general en formatos WSDL/XSD), en el diseño de los servicios de datos (tablas ETL) y los modelos de base de datos (DDL).



Esto asegura que lo que es presentado a la empresa es una representación consistente de la información. El ESB proporciona una serie de funciones importantes dentro de una infraestructura de integración empresarial, como la abstracción (proxy), administración de la integración, entrega garantizada, el protocolo de mediación, etc. Las tecnologías de integración de datos pueden ser utilizadas para implementar un ESM, independientemente de la estructura física de datos en los sistemas intermediarios. Dentro del contexto de una Smart Grid y AMI, se debe considerar los aspectos de rendimiento y seguridad de las necesidades de operación de la empresa *versus* la integración de procesos regulares del negocio y las necesidades de automatización de los sistemas empresariales y el diseño de la capa de integración correspondiente. Hay un mayor deseo de implementar un operacional ESB, que puede ser diseñado para proporcionar capacidades de seguridad y escalabilidad en el procesamiento de eventos complejos en tiempo real, así como la inteligencia del negocio en tiempo real basado en la integración de datos.

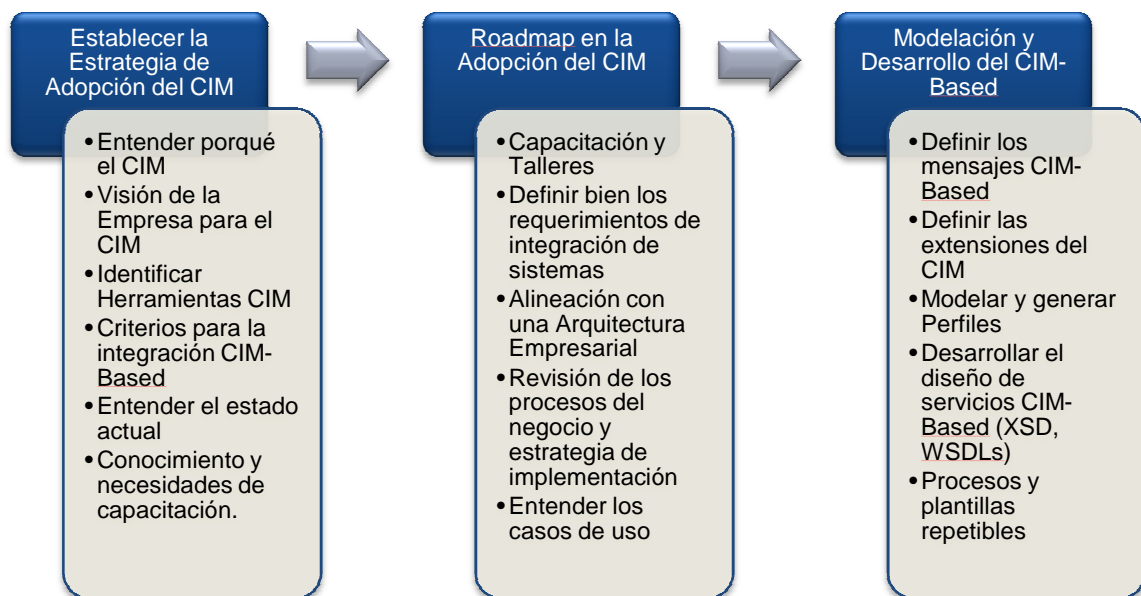
6.2.4 Capa de Procesos e Inteligencia del Negocio

A nivel de procesos de negocio la necesidad de orquestar varias aplicaciones para llevar a cabo la automatización de procesos o la gestión de procesos puede existir. También hay la necesidad de intercambiar datos con aplicaciones o usuarios externos a la empresa (“B2B” Business to Business), así como presentar a los datos empresariales de manera que la inteligencia puede ser extraída. Todos estos temas confirman la necesidad de una representación coherente de la interpretación del negocio (semántica). Para una Smart Grid y AMI, la integración B2B toma la forma de integración de los sistemas de la propia empresa con los sistemas de ISO/RTO (Administradores del mercado eléctrico y operadores de Transmisión), clientes comerciales e industriales (por ejemplo, la gestión de energía a un gran edificio o a una industria), mercado minorista (masivo) y otros proveedores terceros de servicios. Estos puntos de integración pueden muy bien existir dentro de un proceso de negocio extremo a extremo (por ejemplo, un evento a la respuesta de la demanda).

6.3 Proceso de Implementación del Modelo Empresarial

En la Figura 19 se resaltó este Modelo Semántico que principalmente consiste del mapeo “Mapping” del CIM y luego colocar esta capa semántica sobre un Bus de Servicios Empresarial ESB, con el fin de que los sistemas empresariales garanticen la interoperabilidad respectiva.

Una hoja de ruta en la Adopción e implementación del estándar que han seguido algunas empresas eléctricas reconocidas a nivel mundial, tales como AEP (American Electric Power), es la siguiente:



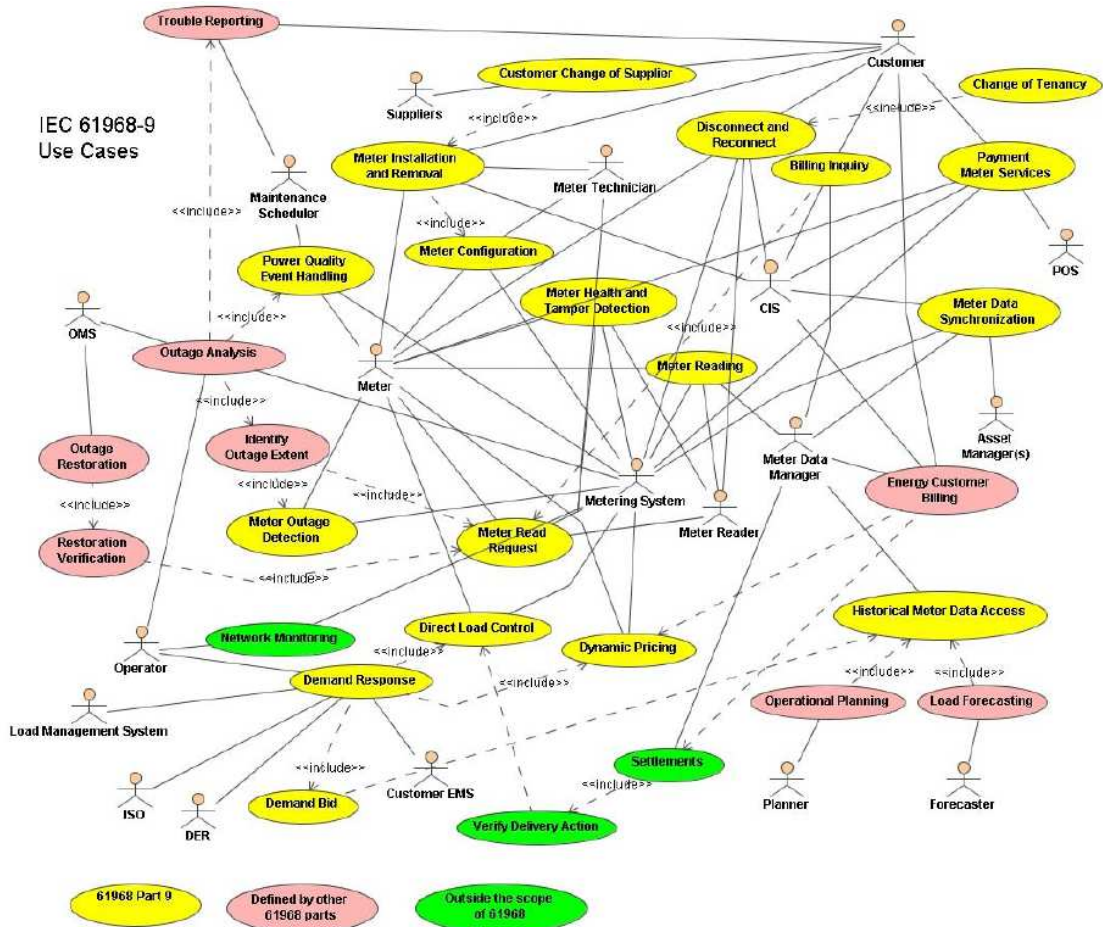
El proceso de implementación de este Modelo no es único, sin embargo se presenta una introducción de los pasos básicos, los cuales difieren ligeramente en cada proceso, estos son:

- ⇒ Construir los Casos de Uso
- ⇒ Crear los Diagramas de Secuencia
- ⇒ Construir los Dominios del Modelo
- ⇒ Diseñar los Mensajes
- ⇒ Diseñar las Interfaces
- ⇒ Construir las Interfaces
- ⇒ Gestionar los Artefactos

6.3.1 Construir los Casos de Uso

En términos simples, un caso de uso describe un escenario típico de uso del software a ser diseñado y construido. Por lo general, un esfuerzo de integración basado en CIM involucra varios sistemas, cada uno con múltiples flujos de información dentro y fuera de cada sistema. Una forma de modelar la gran cantidad de requerimientos que en definitiva saldrá del proceso de análisis, es la construcción de una vista general de diagramas de casos de uso como parte del proceso de desarrollo. Esta vista de diagramas de casos de uso dibuja un amplio panorama del contexto del sistema. Los diagramas de Casos de Uso son uno de los diagramas estándar del UML.

La siguiente figura nos muestra un Diagrama de Casos de Uso de la norma IEC 61968 parte 9:





En sus inicios cuando la IEC 61970 fue desarrollada, los casos de uso no formaban parte de la metodología utilizada en la construcción del modelo de información estándar. Hoy en día, cada nueva incorporación en el modelo de información se presenta con un caso de uso.

Un caso de uso completo consiste en: un diagrama tanto de casos de uso y en un documento o tabla que describe el caso de uso con mayor detalle. Hay tres componentes estándares dentro de un caso de uso:

1. Una descripción de los **actores** involucrados. Un actor es un tipo o clase de usuario involucrado. ¿Quiénes son los actores que intervienen en la integración? Es perfectamente aceptable por actores que sean otros sistemas de software antes que los actuales usuarios finales. En la mayoría de los casos de uso de integración, este será el caso.
2. Una definición del **sistema** de software que está siendo utilizado. Este no es un sistema que podría definirse como un actor, pero es el actual sistema para el que los requerimientos están siendo reunidos. En los casos de integración de software, esto va a ser el software de integración, a veces llamado la capa de integración.
3. La **meta** u objetivo es lo que el actor (es) realizan utilizando el sistema. En otras palabras, el objetivo debe ser algo que el actor necesita, no sólo una tarea que el actor realiza.

Con lo anterior se plantean dos interrogantes, ¿Qué va a utilizar el sistema? Y ¿Qué objetivo se logra cuando se lo utiliza? El detalle de información de los casos de uso contiene:

- Pre-Condiciones: Las condiciones esperadas que deben existir para que el caso de uso comience.
- El éxito de la Condición Final: El estado final esperado que ocurre una vez que se completa satisfactoriamente el caso de uso.
- Fallo Condición Final: El estado final esperado que ocurre cuando el caso de uso falla.
- Disparo (Trigger): El evento o estímulo que inicia los pasos en los casos de uso.



- Los pasos necesarios para lograr el éxito de la condición final: El proceso paso a paso que se deben tomar para lograr el objetivo final. Los pasos suelen ser numerados secuencialmente como "1, 2, 3, ..."
- Pasos de extensión: Hace referencia al número de pasos en el escenario de éxito que se producen cuando algo falla. Lo mejor es mirar a cada paso y revisar si existe la posibilidad de extender a ese paso que podría ser debido a caminos alternativos y fracasos. Los pasos suelen ser numerados con "a, b, c, ..." sufijos a los pasos del escenario principal donde se produce la extensión.

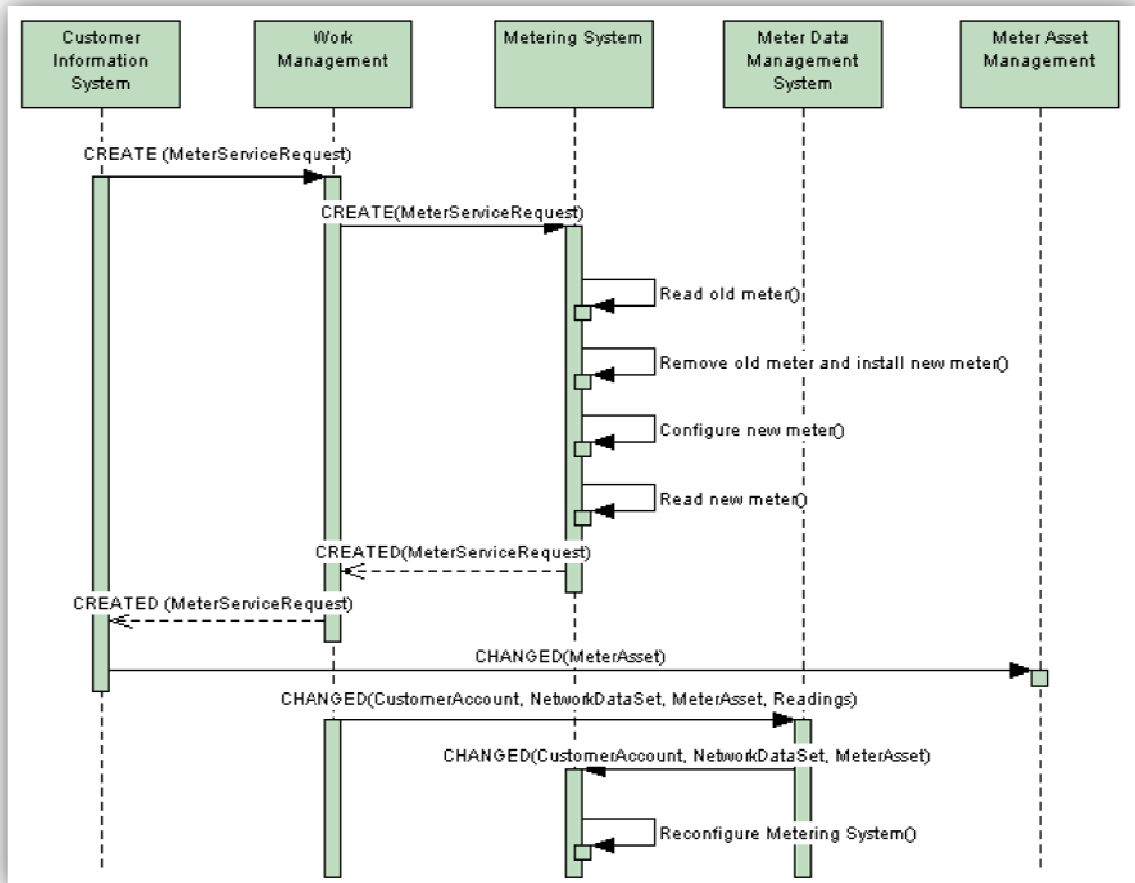
Mediante el análisis y relleno de cada una de estas secciones en una plantilla de casos de uso, el analista se ve obligado a considerar todos los aspectos críticos del sistema que se necesitan para construir un sistema robusto. Un análisis bien estudiado y detallado puede ayudar a evitar las pérdidas de requerimientos que causen problemas inesperados más tarde. Por ejemplo, si usted no estaba siguiendo un proceso basado en casos de uso, es fácil para los usuarios pasar por alto los escenarios basados en las fallas-como lo que sucede cuando un actor no está autorizado, o lo que sucede cuando el sistema no acepta un requerimiento debido a que éste no es válido.

6.3.2 Crear los Diagramas de Secuencia

Un diagrama de secuencia, analizado en la sección 5.3.1.2, es una forma de un diagrama UML que muestra cómo los procesos y los actores interactúan entre sí, indicando claramente el orden y el tiempo "timing" de las interacciones. El tiempo y las interacciones entre los sistemas y la capa de integración es un detalle fundamental que debe ser especificado. Por esta razón, los diagramas de secuencia son muy valiosos al hacer proyectos de integración. Así como los casos de uso constituyen la piedra angular del proceso de análisis de requerimientos, los diagramas de secuencia pueden ser la piedra angular del proceso de diseño detallado.

Se presenta un ejemplo de un diagrama de secuencia con los actores involucrados ubicados en la parte superior: el Sistema de Información Comercial (CIS), Sistema de Gestión de Trabajo (WMS), el Sistema de

Medición (MS), el Sistema de Gestión de los Datos de Medición (MDM) y la Gestión de Activos de los Medidores (MAM), como se detalla en la siguiente figura:



El caso de uso que está siendo documentado es aquel que implica remover un medidor viejo y su sustitución por uno nuevo. La secuencia de tiempo va desde la parte superior del diagrama a la parte inferior, y las flechas entre los distintos actores muestran la interacción entre los actores, que podría ser sistemas de software, sistemas físicos, o los usuarios. Cuando la interacción es entre dos sistemas de software, el verbo del mensaje aparece en mayúsculas y el nombre del mensaje se muestra dentro de los paréntesis.

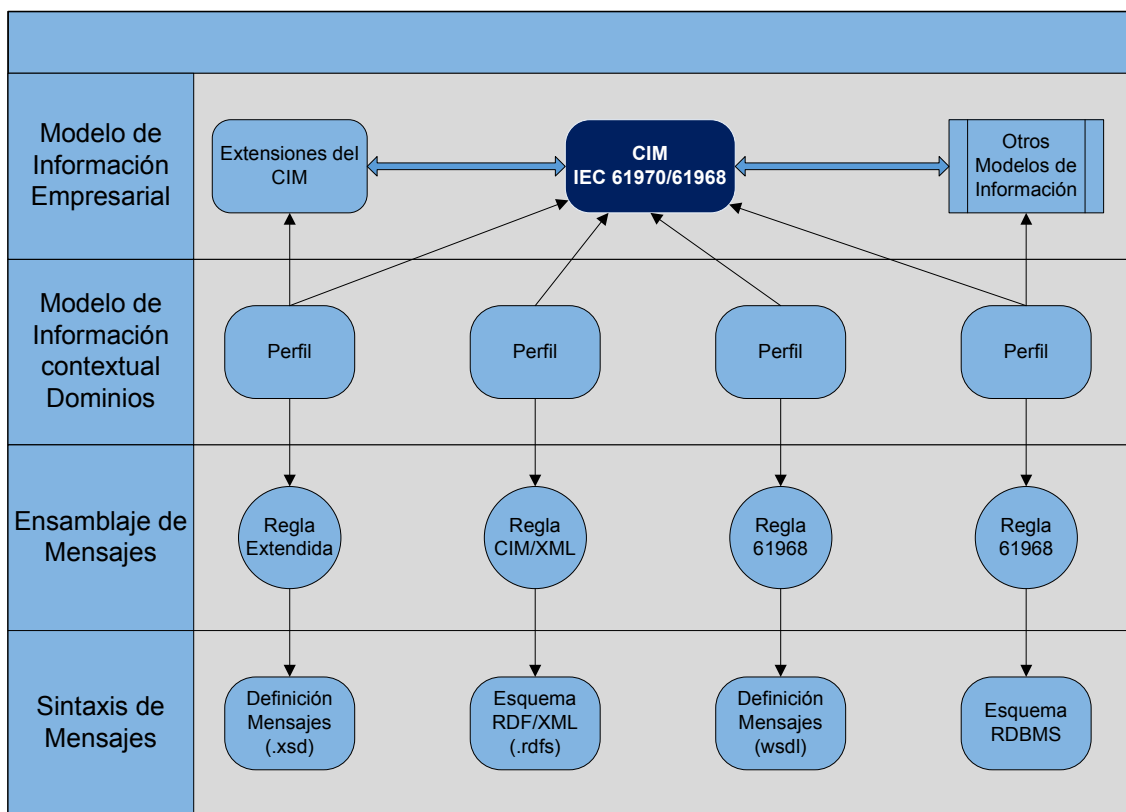
El caso de uso comienza con una solicitud de servicio de medición que está siendo generada en el CIS y se pasa al WMS. El WMS programará el trabajo, y una vez que el trabajo es realizado, el medidor viejo será leído y eliminado, y el nuevo medidor será instalado, configurado y leído.

Completados los trabajos sobre el sistema de medición se traducirá en que el WMS está siendo actualizado y el CIS también está siendo actualizado. En el caso de uso, el CIS debe actualizar el MAM, y el WMS actualizará el MDMS.

6.3.3 Modelando los Dominios

Para cada mensaje identificado en los diagramas de secuencia, el contenido del mensaje debe ser definido. Si no se utiliza un enfoque basado en CIM, tendríamos probablemente que diseñar nuestro contenido del mensaje, basados sobre una de las conexiones del modelo del sistema de información. Lo más probable es que se elija un sistema como un punto de referencia y mapear desde el otro a este.

FIGURA 20 CAPAS PARA IMPLEMENTAR EL MODELO SEMÁNTICO EMPRESARIAL



En el enfoque basado en CIM, el proceso implica el mapeo de clases, atributos y asociaciones que pueden ser producidos por el sistema productor (generador) con el modelo CIM. Luego la misma cosa se hace por el sistema(s) receptor(es). Dicho mapeo está mejor representado como un *perfil*. El proceso



se denomina "modelando dominios" o "modelando el contexto" porque lo que se está haciendo es la creación de una definición del contenido necesario desde el modelo de información dentro de un contexto particular o dominio. Los Perfiles pueden ser realizados en una variedad de formas entre ellas RDFS (Esquemas RDF), Esquemas XML, documentos de texto y HTML.

Cuando se está realizando la modelación de dominios, se debe tener cuidado en asegurar que las definiciones sean las mismas. Las cosas que son nombradas igual no podrían ser actualmente las mismas. Por el contrario, las cosas con diferentes nombres podrían ser actualmente las mismas cosas. Dentro del CIM, cada atributo, asociación, y clase tienen una definición descriptiva detallada dentro del modelo que pueda ser revisada. Los dueños de cada sistema deben preguntarse ellos mismos: "¿La definición en el modelo CIM describe lo que estoy proponiendo para utilizar en el mensaje hacia/desde mi sistema?" Si lo hace, entonces el mapeo es apropiado.

¿Qué sucede cuando algo no está allí? En los casos en que un elemento equivalente no se puede encontrar en el CIM, una extensión debe añadirse a la base del CIM (s) definida en el Modelo de Información Empresarial "EIM" (Enterprise Information Model). Tenga en cuenta que en los perfiles y modelos de dominio, no se permiten las extensiones, estas se hacen en la capa del modelo de información.

Es fácil realizar una búsqueda rápida y concluir que lo que buscamos no está dentro del CIM. Sin embargo, las personas quienes están familiarizados y tienen experiencia utilizando el CIM pueden a menudo encontrar las cosas que un principiante no podría ser capaz de ubicar. Por ejemplo, el voltaje nominal en el lado de alta de un transformador puede ser necesario dentro de un mensaje. En el sistema que está enviando, es un simple atributo del transformador. Observando en la clase transformador del CIM, no hay un Voltaje nominal del lado de alta, lo que podría concluirse de que no existe y el CIM debe ser extendido. Sin embargo, en el CIM, el voltaje nominal es actualmente un atributo de la clase Devanado del Transformador. Por lo tanto, usted tiene que saber que para encontrar el Voltaje nominal del lado de alta,



usted tiene que seguir la asociación desde el transformador a un devanado del transformador y luego usar el atributo voltaje (ratedU).

Una vez que las extensiones necesarias se hacen en la capa EIM, luego el mapeo del contexto de las extensiones del CIM se puede hacer, justamente cuando el mapeo desde el core del CIM son hechos.

Cabe destacar que existen ciertos Perfiles comunes ya definidos en las normas (existen test de interoperabilidad anuales de los mismos), estos son:

⇒ **IEC 61970-452 CPSM (Common Power System Model) Profile:** Es un conjunto de clases, atributos y asociaciones necesarias para ejecutar aplicaciones EMS de flujos de potencia y estimadores de estado. Usado comúnmente en redes de transmisión ISO/RTOs. Nace y lo exige la NERC (North American Electric Reliability Corporation), por ello algunas veces es llamado Perfil NERC.

⇒ **IEC 61968-13 CDPSM (Common Distribution Power System Model) Profile:** en este caso es para aplicaciones DMS, es decir muy similar al anterior pero orientado a la Distribución.

Actualmente está en proceso de definición nuevos perfiles por parte de EPRI, esto es, para Planificación (análisis de carga, contingencias, programación de la generación, entre otros) y para Modelos Dinámicos (análisis de estabilidad dinámicos).

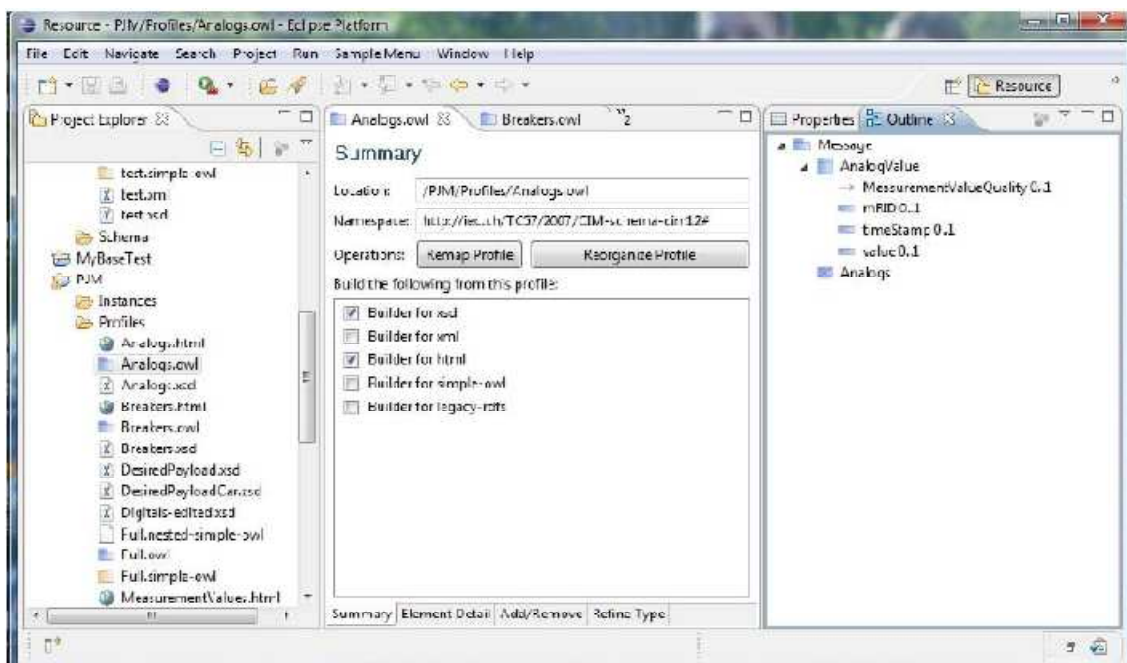
6.3.4 Diseñar los Mensajes

El diseño de los mensajes utilizados por la capa de integración requiere tener el modelo de dominios definido previamente y la construcción de una carga útil de los datos actuales para el mensaje. La “carga útil” (payload) es el término que indica, que los datos actuales están siendo pasados desde un sistema a otro. Generalmente, una carga útil puede ser reutilizada en varios mensajes dependiendo de lo que se hace con los datos. En la norma IEC 61968, un

conjunto de verbos de mensajes se han definido y describen las acciones que se pueden realizar. Los siguientes son ejemplos de dichos verbos, los cuales difieren según el patrón utilizado para los mensajes (por ejemplo, Solicitud/Respuesta “Request/Reply” frente a Publicación/Suscripción “Publish/Subscribe”).

Request/Reply	Publish/Subscribe
CREATE	SUBSCRIBE
CHANCE	UNSUBSCRIBE
CANCEL	CREATED
CLOSE	CHANGED
DELETE	CANCELED
GET	CLOSED
SHOW	DELETED
REPLY	

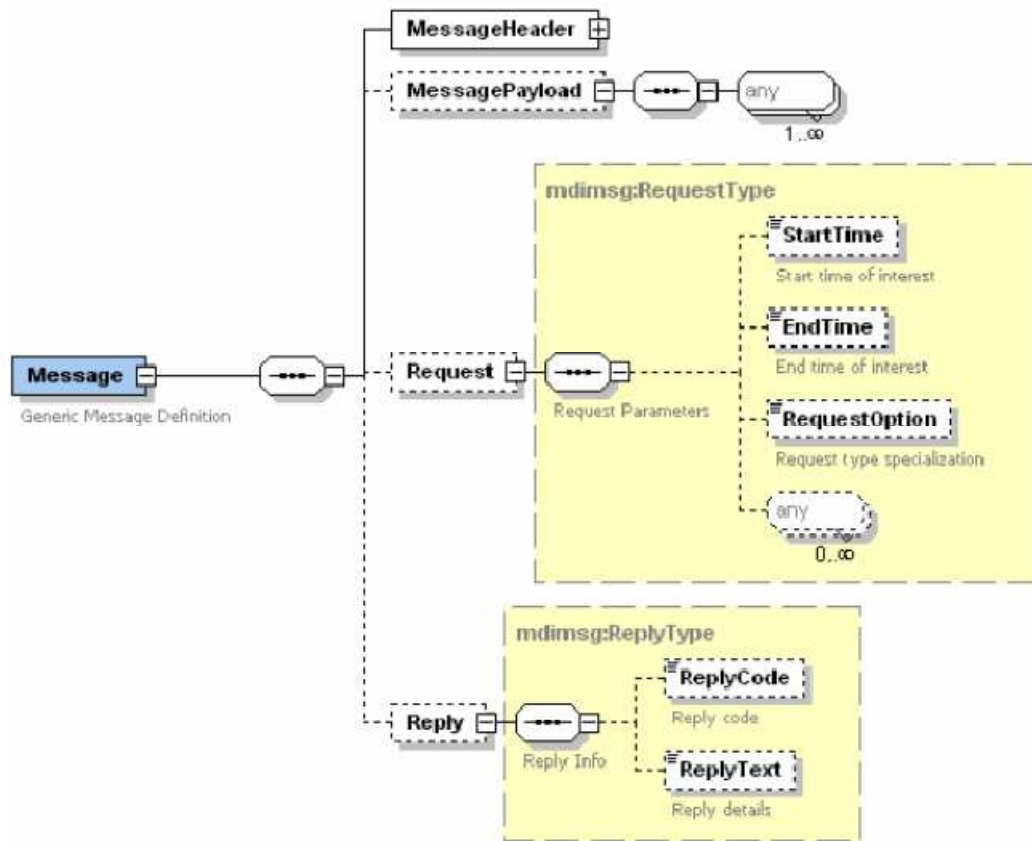
La figura siguiente muestra la utilización de la herramienta CIMTool¹, como una posible forma del diseño y carga de mensajes usando un Modelo de Dominio.



Compartir todos los mensajes debe estar bajo una estructura estándar para "ensamblar los mensajes". La estructura es imprescindiblemente un soporte para el verbo, el sustantivo, los datos, y una cabecera “Header”. La IEC 61968

¹Open Source: www.cimtool.org/

también ha definido una estructura estandarizada para el uso de la integración basada en CIM, y dicha estructura debe ser utilizada para todos los mensajes. Un ejemplo de aquello se presenta en la siguiente gráfica:



En resumen, la construcción de un mensaje implica:

- la definición de la carga útil basada sobre un perfil específico frente a un modelo de dominio,
- definir el verbo apropiado asociado con el tipo de mensaje, y
- poner la carga útil y el verbo dentro de la estructura del mensaje.



6.3.5 Diseñar las Interfaces

Una vez que los mensajes se han diseñado, los adaptadores del actual interfaz necesitan ser construidos. Por lo general, será construido un adaptador para cada sistema que se conecta a la capa de integración. Para diseñar los adaptadores, la documentación de análisis de requerimientos, los diagramas de

secuencia, y los diseños de mensajes necesitan ser estudiados de manera que el diseño del adaptador pueda ser producido. Es importante señalar que el diseño del adaptador será específico para la actual tecnología de integración utilizada.

Muchas de las tecnologías de integración utilizadas hoy en día son altamente configurables, y el proceso de diseño es cuestión de seleccionar un patrón de diseño y documentar los parámetros de configuración. Incluso con estas herramientas configurables, ciertos diseños requerirán desarrollar algo de código. Esto es cierto especialmente cuando se analiza RDF porque mientras que XML es un mensaje y formato de archivo, las herramientas de integración son expertas en esto, por el contrario las herramientas de integración actualmente no suelen entender de forma nativa el RDF. Hay kits de herramientas de código abierto que están diseñadas para usarse con RDF y lenguajes de consulta de grafos RDF (SPARQL Protocol and RDF query lenguaje). Este es el enfoque recomendado cuando se trata los RDF que no pueden ser analizados sintácticamente con las herramientas de integración.

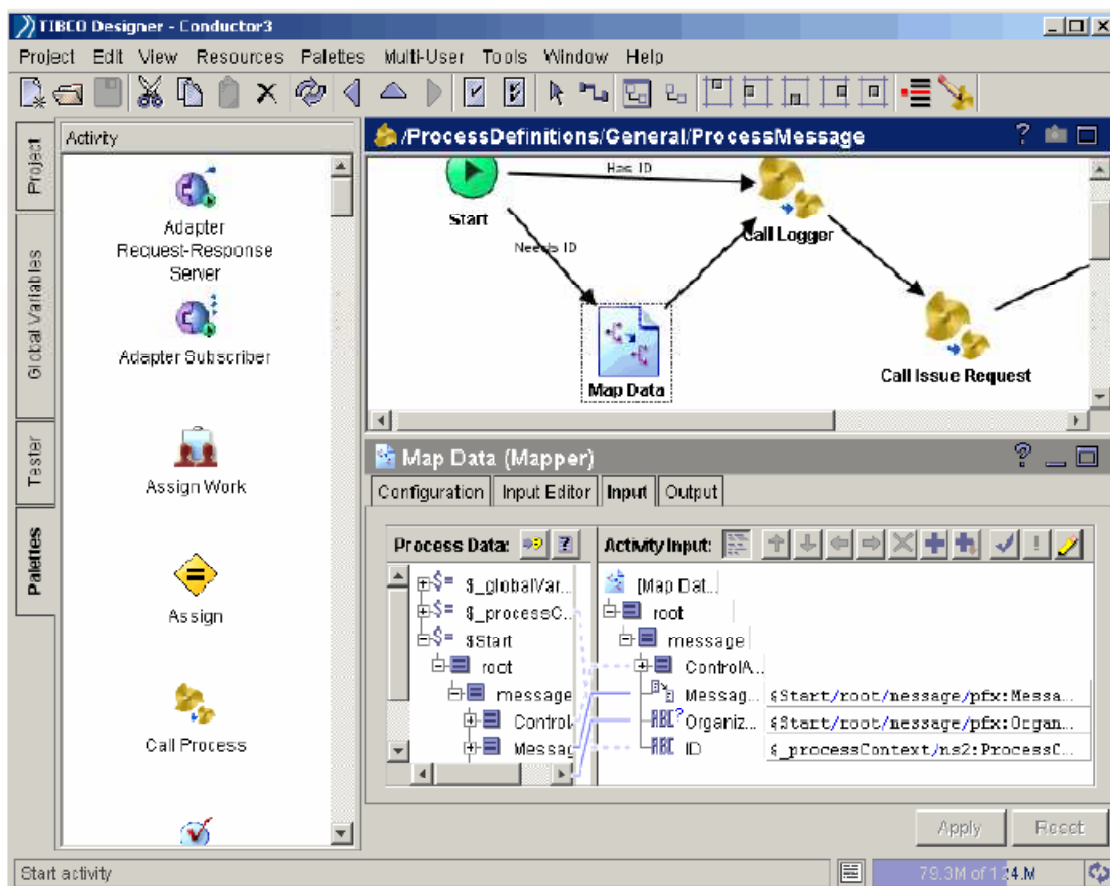
Previamente se analizaron las tecnologías existentes para la integración tales como el ESB. Alguno de los patrones de diseño comúnmente utilizados se presenta a continuación:

-  Synchronous request/reply
-  Asynchronous request/reply
-  Publish/subscribe
-  Point-to-point
-  Shared database
-  Claim Check

6.3.6 Construir las Interfaces

La construcción de las interfaces basadas en el diseño debería ser relativamente sencilla si los documentos de diseño se hacen correctamente. Los principales pasos de esta tarea son los siguientes:

1. Configure las herramientas de integración basados en los parámetros y patrones de diseño documentados en el diseño y diagramas de secuencia.
2. Desarrollar los procesos que realizan la lógica documentada. (Esto puede ser en el mismo ambiente de la herramienta de integración o en un lenguaje tradicional.)
3. Construir los componentes que llevan a cabo la validación, transformación y las traducciones.
4. Ponga el código de la interfaz, las definiciones de mensajes y los archivos asociados con la interfaz en un repositorio de código fuente.
5. Realizar las pruebas, la depuración y la resolución.



Un típico ambiente de desarrollo de integración que puede ser utilizado para construir un adaptador de integración, lo muestra la Figura anterior (ESB de TIBCO):

6.3.7 Gestionar los Artefactos



Si el proceso descrito aquí es seguido, un buen número de artefactos serán producidos que pueden ser considerados al proyecto para las interfaces actuales. Dado que los sistemas alcanzan mejoras y actualizaciones, y cambios en los procesos del negocio, el continuo mantenimiento de la integración es crítico. Por esta razón, todos los artefactos que se producen deben ser ubicados en un repositorio para futuras referencias. Idealmente, este repositorio debe tener algún tipo de gestión de versiones de modo que el historial de todos los cambios es mantenido con la estructura de integración.

Algunos ejemplos de estas tecnologías de repositorios son los sistemas de gestión documental, de contenido empresarial, wikis, entre otros.

La siguiente es una lista de los artefactos que deben ser colocados en un repositorio y mantenidos con la evolución del sistema:

- Lista de los sistemas conectados (y las versiones soportadas)
- Requerimientos-seguimientos de base de datos
- Base del modelo CIM (versiones)
- Extensiones CIM
- Perfiles de los dominios del modelo
- Análisis de los documentos
- Casos de uso
- Diagramas de secuencia
- Definiciones de mensajes
- Documentos de diseño

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de la investigación y análisis del Modelo de Información, cubriendo los objetivos y alcance de este trabajo de tesis, se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones:

Conclusiones

- ❖ Una *Smart Grid* no se trata de la conexión de equipos inteligentes y sofisticados y su encendido o apagado vía remota cuando se lo necesite, sino de una solución integral de tecnologías con el fin de incrementar el beneficio del capital, disminuir los gastos de operación y mantenimiento y sobretodo brindar beneficios sociales a los clientes
- ❖ Una *Smart Grid* ayudará al mundo a gestionar el crecimiento de la demanda, almacenar la energía, maximizar la utilización de los activos, mejorar la seguridad y confiabilidad de las redes. Las tecnologías utilizadas para este concepto de *Smart Grid* no se trata de una única solución milagrosa sino de un conjunto de soluciones existentes y en evolución fundamentadas en estándares, tecnologías interoperables trabajando conjuntamente.
- ❖ Los nuevos sistemas de distribución, con este enfoque de *Smart Grid*, tendrán bifurcaciones, lazos normalmente abiertos, generación distribuida y otras complejidades de acuerdo a la filosofía de la reconfiguración automática, con ello los diseños deberán tener una visión de la integración de las redes de distribución conectadas a múltiples subestaciones. Por otro lado, como la topología del sistema es dinámica, la coordinación de protecciones debe ser analizada para una variedad de configuraciones. Estos son algunos de los impactos en los nuevos diseños y planificación de los sistemas de distribución.



- ❖ Las capacidades de las Tecnologías de Información y Comunicaciones son la clave para una *Smart Grid*, los impactos sobre estas son significantes, ya que son necesarias para monitorear y controlar la operación confiable del sistema eléctrico de distribución bajo condiciones económicas.
- ❖ La Interoperabilidad de los sistemas de información facilitará la toma de decisiones de manera oportuna sobre todo para la gestión de la operación y el mantenimiento donde se utilizan aplicaciones en tiempo real y bajo un concepto espacial, tales como OMS, DMS y CBM.
- ❖ Los objetivos de plasmar el CIM dentro de una norma se están cumpliendo, puesto que los proveedores y desarrolladores de tecnología ahora ya cuentan con un estándar a cumplir, simplemente haciendo referencia a una regulación, política de una entidad de gobierno o colocar este requerimiento dentro de un pliego de licitación. Con lo cual, se reduce la incompatibilidad de formatos de intercambio de información entre sistemas, se reducen los gastos generados debido al mantenimiento y actualización, y se mejoran los sistemas empresariales para la gestión de la distribución eléctrica.
- ❖ Entre los beneficios en la adopción de las normas IEC 61970/61968 es que proporciona un marco de referencia para la interoperabilidad de los sistemas, basados en una arquitectura y modelo de información común, lo cual es independiente de la tecnología de soporte, es decir abstrae la complejidad de sistemas operativos, lenguajes de programación, bases de datos, servicios de comunicación, etc. Por otro lado protege la inversión de aplicaciones existentes y que están trabajando de manera adecuada.
- ❖ En el reporte (EPRI, 2010) “Desarrollo del CIM para la Distribución y una Encuesta de la Adopción”, se observan el gran número de empresas eléctricas alrededor del mundo que han abierto las puertas para la implementación del CIM, entre ellas CENTROSUR.
- ❖ En el mes de octubre de 2010, la FERC (Federal Energy Regulatory Commission) de los Estado Unidos, acoge los estándares identificados por



el NIST y da el primer paso en un proyecto formal de regulación para el cumplimiento y adopción del CIM

Recomendaciones y Futuros Trabajos

- ❖ Debe existir un departamento dentro de las empresas eléctricas, cuyos profesionales estén investigando e innovando en la evolución hacia las redes inteligentes, nuevas tecnologías, equipos y materiales, nuevos estándares, etc.
- ❖ Existen algunos temas pendientes que están en proceso de investigación para la modelación del CIM, esto es, la planificación, modelos dinámicos, generación distribuida, la respuesta o gestión del lado de la demanda, entre otros. Para lo cual se recomienda monitorear los avances de esta investigación, de ser posible una participación directa con los grupos de usuarios que definen aquello (*CIM Users Group*), con el fin de no extender demasiado el modelo en estos temas y llevar una gestión ordenada de las nuevas versiones.
- ❖ Si bien en las normas recientes ya se están documentando los casos de uso más utilizados, aún está pendiente la documentación de los casos de uso de las normas ya liberadas como por ejemplo Operación de la Red, tomando en consideración los estándares como IEC/PAS 62559. Por otro lado también es importante documentar la modelación de los procesos del negocio alineados al CIM y a una arquitectura empresarial.
- ❖ Algunos institutos de investigación y Universidades tales como, Comillas en España, California en Estados Unidos, Korea Electrotechnology Research Institute, Strathclyde en Escocia, KTH en Estocolmo y muchas más, han efectuado trabajos de tesis y proyectos utilizando el CIM y las tecnologías de información. En las Universidades locales se debe impulsar el análisis y la investigación en estos temas.
- ❖ Entre los futuros trabajos que se podrían realizar a partir de esta tesis se mencionan: la armonización del CIM con la IEC 61850, la investigación en



temas de estándares de seguridad y comunicaciones IEC 62351, proyectos AMI/DataWarehouse/BI fundamentados en el CIM, Gestión del lado de la Demanda, Gestión del Mantenimiento basado en su condición.



BIBLIOGRAFÍA

- Borlase, Stuart. 2008.** *Enabling the Smart Grid.* Guadalajara : s.n., noviembre 2008.
- EPRI. 2008.** *An Introduction to the CIM for Integrating Distribution Applications and Systems.* 2008.
- . **2010.** *Development of the Common Information Model for Distribution and A Survey of Adoption.* 2010. 1020103.
- . **2010.** *Distribution Operations Guide to Enterprise Service Bus Suites.* 2010. 1020102.
- Garcés, C. and Escobar, F. 2009.** Pontificia Universidad Católica de Chile. [Online] 2009. <http://www2.ing.puc.cl/power>.
- Getting Smart.* **Santacana, Enrique, et al. 2010.** 2, marzo/abril 2010, IEEE power & energy magazine, Vol. 8, pp. Pags. 41 - 48.
- GridWise Architecture Council. 2008.** *GridWise® Interoperability Context-Setting Framework.* Marzo 2008.
- Grid of the future.* **Ipakchi, Ali and Albuyeh, Farrokh. 2009.** 2, marzo/abril 2009, IEEE power & energy magazine, Vol. 7, pp. Pags. 52 - 62.
- How NRECA's MultiSpeak® Specification Supports Interoperability of Diverse Electric Grid Automation Systems.* **McNaughton, Gary and Sain, Bob. 2008.** julio 2008, IEEE.
- IEC, International Electrotechnical Commission. 2003.** *Interface architecture and general requirements. 61968-1* octubre 2003. International Standar.
- McMorran, Alan. 2006.** *Using the Common Information Model for Power Systems as a Framework for Applications to Support Network Data Interchange for Operations and Planning.* Scotland, UK : Institute for Energy and Environment, University of Strathclyde, 2006. Tesis de Doctor de Filosofía.
- Neumann, Scott. 2009.** *IEC TC57 Smart Grid Activities.* Utility Integration Solutions Inc., Genval : s.n., noviembre 2009.
- NIST. 2010.** *NIST Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability Standards.* Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology. USA : s.n., 2010. Release 1.0 (Draft).
- The Evolution of Distribution.* **Fan, Jiyuan and Borlase, Stuart. 2009.** 2, marzo/abril 2009, IEEE power & energy magazine, Vol. 7, pp. Pags. 63 - 68.
- UCA. CIM Users Group.** [Online] <http://cimug.ucaiug.org>.

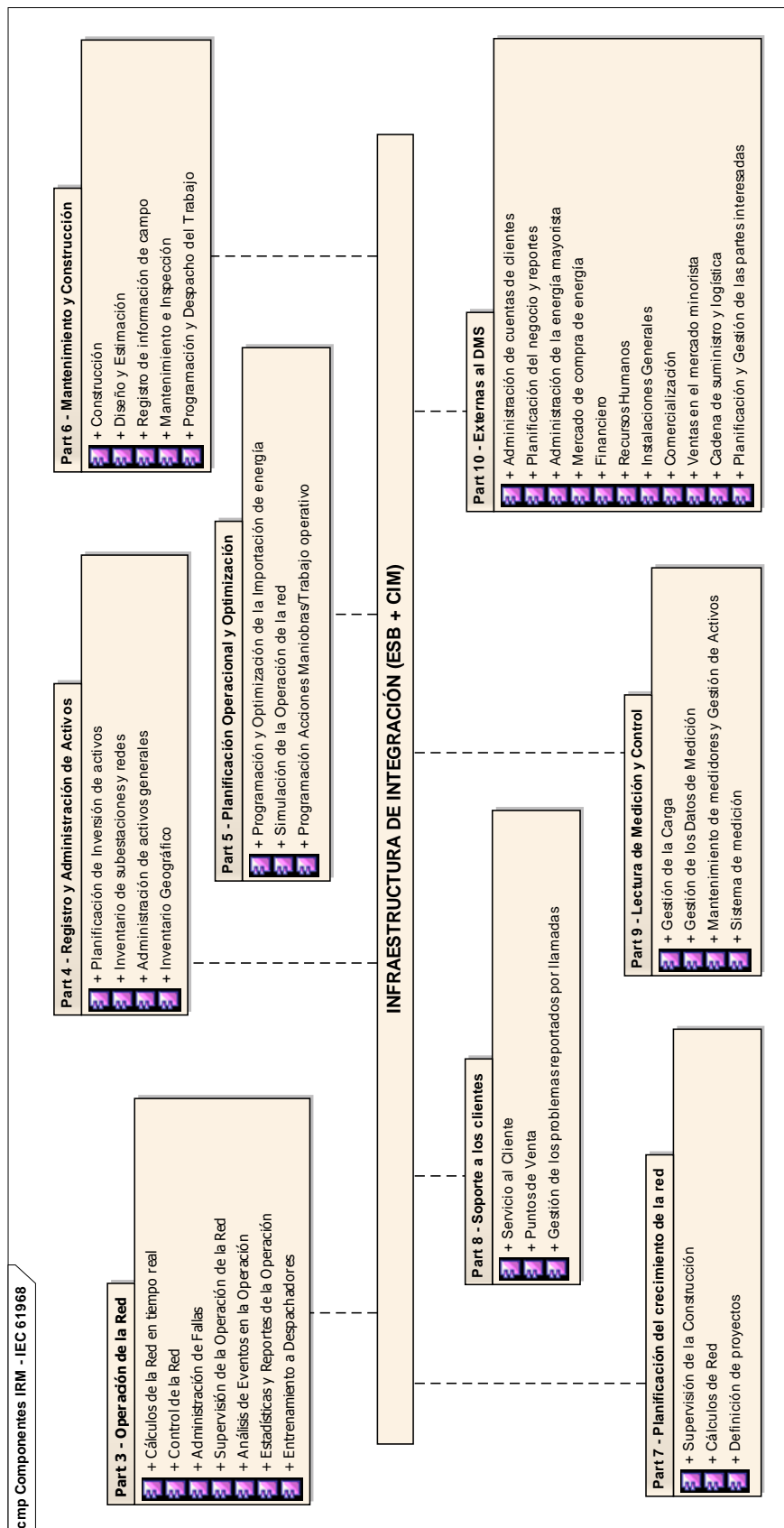


ANEXO 1: GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

ACRÓNIMO	DESCRIPCIÓN
AMI	Advanced Metering Infrastructures
API	Application Programming Interface
CBM	Condition Based Maintenance
CIM	Common Information Model
CIS	Customer Information System
DMS	Distribution Management System
DSM	Demand-Side Management
EAM	Enterprise Asset Management
EMS	Energy Management System
EPRI	Electric Power Research Institute
ERP	Enterprise Resource Planning
ESB	Enterprise Service Bus
GID	Generic Interface Definition
GIS	Geographic Information System
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
ISO	International Standards Organization
IVR	Interactive Voice Response
JMS	Java Message Service
LAN	Local Area Network
MDM	Meter Data Management system
MOM	Message Oriented Middleware
MultiSpeak	Message specifications sponsored by NRECA
MWMS	Mobile Workforce Management System
NRECA	National Rural Electric Cooperative Association
OMS	Outage Management System
OWL	Web Ontology Language
RDF	Resource Description Format
RDFS	RDF Schema
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
SG	Smart Grid
SOA	Service Oriented Architecture
UML	Unified Modeling Language
WAN	Wide Area Network
WMS	Work Management System
WSDL	Web Services Definition Language
WS-Security	Web Services Security
XMI	XML Metadata Interchange
XML	eXtensible Markup Language

ANEXO 2: MODELO DE REFERENCIA DE INTERFACES

Se grafica la categorización de las Sub-funciones del IRM:





Las funciones del negocio definidas en esta norma se dividen en sub-funciones y componentes abstractos, como se detalla en la siguiente tabla:

Función	Sub-Función	Componente Abstracto
<u>Operación de la Red</u> [IEC 61968-3]	Supervisión de la Operación de la Red	Supervisión del estado de subestaciones
		Supervisión del estado de la red
		Supervisión de las acciones de maniobras
		Supervisión de los estados de maniobras
		Administración de los datos adquiridos del SCADA y sistemas de medición
		Administración de los datos adquiridos a través de la operación (cuadrillas de campo, clientes, interrupciones programadas y no programadas)
		Supervisión de la Regulación
		Supervisión de alarmas
		Registro de operación y eventos
		Monitoreo del tiempo (detección de rayos)
		Control de la Red
	Controles Automáticos:	
	· Protección (despeje de fallas)	
	· Seccionalizadores	
	· Control local de voltaje/potencia reactiva	
	Controles asistidos:	
	· Control remoto de interruptores	
	· Desconexión de carga	
	· Reducción del Voltaje transmitido	
	· Control local a través de cuadrillas de campo	
	· Mantener perfiles de voltaje	
	Administración de documentos de seguridad	
	Control de seguridad y equipos de bloqueo	
	Coordinación de incidentes graves	
	Administración de Fallas	Gestión de llamadas de falla y análisis de coherencia (Red BT)
		Análisis de los Relés de Protección
		Localización de Fallas
		Tiempo de restauración
Información del cliente		
Supervisión de la energización de los circuitos de distribución		
Análisis de Eventos acontecidos en la Operación	Análisis de la mala operación	
	Análisis de las fallas de la red	
	Análisis de los índices de calidad	
	Histórico de la operación de equipos	
Estadísticas y Reportes de la Operación	Revisión post-disturbios	
	Información de mantenimiento	
	Información para planificación	
Cálculos de Red en tiempo real	Información para el control de la gestión	
	Estimación de la carga	
	Análisis compra de energía	
	Flujos de Carga / Perfiles de Voltaje	
	Análisis de corrientes de falla	
Entrenamiento a Despachadores	Ajustes a relés adaptativos	
	Simulación en el SCADA	
<u>Registro y Administración de Activos</u> [IEC 61968-4]	Inventario de subestaciones y redes	Características de Equipos
		Modelo Conectividad
		Visualización de Subestaciones
		Base de Datos de Telecontrol
	Inventario Geográfico	Visualización de la Red
		Mapas Geográficos



Función	Sub-Función	Componente Abstracto	
	Administración de activos	Inventario de Activos de Instalaciones Generales	
		Inventario de Materiales	
		Inventario de Vehículos	
	Planificación de Inversión de activos		Estrategia de Mantenimiento
			Planificación del Ciclo de Vida
			Análisis centrado en Confiabilidad
			Normas de Ingeniería y Diseño
			Medición del Rendimiento
			Gestión de Riesgos
			Gestión del Medio Ambiente
			Decisiones de Soporte
			Asignación presupuestaria
			Planes de trabajo de Mantenimiento
			Grupos de Mantenimiento de Activos
			Historial de fallas de Activos
Índices Financieros de Activos			
<u>Planificación Operacional y Optimización</u> [IEC 61968-5]	Simulación de la Operación de la red	Proyección de la Demanda	
		Flujos de Potencia	
		Análisis de contingencias	
		Análisis de cortocircuitos	
		Flujo Óptimo de Potencia	
		Evaluación de la restauración del servicio	
		Simulación de maniobras de apertura/cierre	
		Simulación de incidencias	
		Análisis de prevención del tiempo	
		Análisis del riesgo de incendios	
		Definir los límites operativos	
		Límite térmico de equipos y líneas	
	Programación maniobras (switch)/ Programación del trabajo operativo		Programación de comandos remotos para disparo/despeje de interruptores
			Análisis y programación de la carga de trabajo para las cuadrillas de campo
			Análisis de interrupciones e información a clientes
	Programación y Optimización de la Importación de energía		Planificación Generación no embebida
			Planificación de Transacciones Comerciales
	<u>Mantenimiento y Construcción</u> [IEC 61968-6]	Mantenimiento e Inspección	Gestión de Programas de Mantenimiento
Ordenes de Mantenimiento			
Reglas de Mantenimiento			
Manejo de Lecturas de Inspección			
Históricos			
Construcción			Procedimientos de Trabajo
			Flujo de Trabajo
			Costos de Reconciliación
			Aprobación del Trabajo
			Permisos
			Facturación a Clientes
			Seguimiento
Diseño y Estimación			Valoración del Proyecto
			Ingeniería para Construcción
			Estimación
			Lista de Materiales
			Unidades Compatibles



Función	Sub-Función	Componente Abstracto	
	Programación y Despacho del Trabajo	Planificación del Trabajo	
		Gestión de Cuadrillas	
		Gestión de Vehículos	
		Gestión de Equipos	
		Requerimiento de Material	
		Gestión de Permisos	
	Registro de Información de Campo	Informe de la Construcción	
		Resultados de Inspección de Campo	
		Medición del Tiempo de Trabajo	
		Material Existente	
	<u>Planificación del crecimiento de la red</u> [IEC 61968-7]	Cálculos de Red	Seguimiento del Estado Trabajo en Campo
			Proyección de la Demanda
			Flujos de Potencia
			Análisis de contingencias
Análisis de cortocircuitos			
Flujo Óptimo de Potencia			
Cálculo de Pérdidas de Energía			
Perfiles de Voltaje de la red			
Evaluación del impacto sobre la red			
Supervisión de la Construcción		Valoración de la Construcción	
		Administración del Trabajo	
Definición de proyectos		Plan de Inversiones	
		Aprobación del Plan	
<u>Soporte a los clientes</u> [IEC 61968-8]		Servicio al Cliente	Programación y Planificación de Proyectos
	Requerimientos de Servicios		
	Consultas de costos del Servicio y Facturación		
	Consultas de Facturación		
	Estado de Trabajo		
	Consultas de Servicios en línea (web, VRU)		
	Conexión de Clientes		
	Corte, Re-conexión		
	Pérdidas líneas		
	Contratos de Servicios		
	Gestión de los problemas reportados por llamadas	Llamadas de Interrupciones	
		Calidad de Energía	
		Notificaciones de interrupciones planificadas	
		Medios de comunicación	
<u>Medición y Control</u> [IEC 61968-9]	Sistema de Medición	Indicadores de Desempeño	
		Pronóstico/Información de Restauración	
		Histórico de Interrupciones	
		Servicio prepago	
		Recolección de datos	
		Control de dispositivos finales	
		Reconfiguración de dispositivos finales	
		Corte / Re-conexión	
		Demanda Reset	
		Solicitud de Lectura	
	Puntos de venta		
	Mantenimiento del Medidor y Gestión de	Detección de interrupciones y verificación del restablecimiento	
		Confiabilidad y calidad de energía (eventos)	
		Eventos del Sistema de Medición	
Instalación, configuración, retiro, reparación, desconexión, re-conexión de dispositivos			



Función	Sub-Función	Componente Abstracto
	Activos	finales
		Histórico de equipos de los dispositivos finales
		Reconfiguración de dispositivos finales
		Lecturas especiales
		Solicitud del servicio del medidor
		Tarifas
	Gestión de los Datos de Medición	Almacenamiento de los datos de medición
		Uso del historial
		Validación, estimación y edición
		Datos de facturación del cliente
	Gestión de la Carga	Análisis de carga
		Control de carga
		Respuesta de la demanda
		Ejecución de mediciones
		Gestión de riesgos



ANEXO 3: LISTADO DE NORMAS RELEVANTES “IEC”

NORMA	DESCRIPCIÓN
61968-1	Interface Architecture and General Requirements
61969-1-1	Enterprise Service Bus Implementation Profile
61969-1-2	Naming and Design Rules
61969-2	Glossary
61969-3	Network Operations
61969-4	Record and Asset Management
61969-5	Operational Planning and Optimization
61969-6	Maintenance and Construction
61969-7	Network Extension Planning
61969-8	Customer Support
61969-9	Meter Reading and Control
61969-10	Other Systems (e.g., ERP)
61969-11	CIM Extensions for Distribution
61969-13	RDF Distribution model exchange (CDPSM)
61969-14	MultiSpeak Mappings and Profile
61970-1	EMS API Guidelines
61970-2	EMS API Glossary
61970-301	CIM Base (the core CIM)
61970-302	CIM – Financial, Energy Scheduling, and Reservations
61970-401	Component Interface Specification Framework
61970-402	Common Services
61970-403	Generic Data Access
61970-404	High Speed Data Access
61970-405	Generic Eventing and Subscription
61970-406	Program Invocation
61970-407	Time Series Data Access
61970-450	CIS Information Exchange Model Specification Guide
61970-451	SCADA CIS
61970-452	Transmission Network Model Exchange Profile (CPSM)
61970-453	CIM-based graphics exchange (SVG)
61970-501	CIM RDF Schema (CIM XML)
61970-552	CIM XML Model Exchange Format
61970-552-4	Format and rules for exchanging modeling information