

UNIVERSIDAD DE DEUSTO

Facultad de Ingeniería - ESIDE



TESIS DOCTORAL

**NUEVO MODELO DINÁMICO DE COLABORACIÓN EMPRESARIAL
EN UN CONTEXTO DE RED SOCIAL DE NEGOCIOS**

IKER DAVID MARTINEZ DE SORIA SANCHEZ

Bilbao, Mayo de 2012

UNIVERSIDAD DE DEUSTO

Facultad de Ingeniería - ESIDE



TESIS DOCTORAL

**Nuevo Modelo Dinámico de Colaboración Empresarial
en un Contexto de Red Social de Negocios**

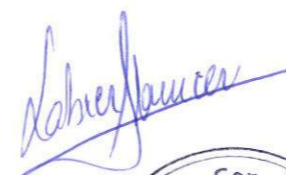
TESIS DOCTORAL PRESENTADA POR DON IKER DAVID MARTÍNEZ DE SORIA SÁNCHEZ

PROGRAMA DE DOCTORADO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN

DIRIGIDA POR

EL DR. XABIER LARRUCEA URIARTE Y LA DRA. MARIA JOSÉ GIL LARREA


El director



La directora



El doctorando



Bilbao, Mayo de 2012



Los modelos de madurez permiten a las organizaciones mejorar sus procesos a través de un camino de mejora en distintas áreas como la gestión de proyectos, gestión de proveedores, validaciones técnicas, etc. En un mercado globalizado donde Internet se ha convertido en un medio transformador dentro del ámbito social y de negocio que fomenta la interoperabilidad a gran escala, las organizaciones han visto la necesidad de colaborar entre ellas con el objetivo de ser más competitivas. En este contexto, tanto la comunidad científica como la industria y diversas instituciones han definido distintos modelos de madurez orientados a la colaboración e interoperabilidad para sectores específicos en unos casos y más generales en otros; modelos que necesitan una implementación y adaptación en función del tamaño o características de las organizaciones implicadas. Esta tesis doctoral aporta una solución a esta problemática en forma de un nuevo modelo dinámico de colaboración para que las organizaciones con cultura de procesos puedan definir sus propias cooperaciones en él, independientemente del sector, tamaño o rol que desempeñen. Este modelo se basa en la utilización de un estándar de la OMG (Object Management Group) para la representación de vocabularios y reglas de negocio denominado SBVR (Semantics of Business Vocabulary and Business Rules) y en una nueva herramienta con ANTLR (ANother Tool for Language Recognition) que incluye un generador de analizadores léxicos, sintácticos y semánticos para la interpretación de las reglas definidas en este estándar. Además, con el objetivo de que el modelo dinámico se enriquezca y evolucione en base a la coincidencia de cooperaciones exitosas en las organizaciones, se implementa un mecanismo de comparación de vocabularios SBVR.

La validez empírica de la definición del modelo dinámico de colaboración a través del estándar SBVR se ha realizado teniendo en cuenta múltiples cooperaciones entre empresas en cinco escenarios: Unión Temporal de Empresas (U.T.E.), subcontratación, apertura de sedes fuera del País Vasco, alianza estratégica con empresas de un mismo sector y alianza estratégica como partner y la validación de la comparación de vocabularios SBVR mediante más de 200 reglas SBVR.

Como conclusión, el marco de trabajo propuesto para la definición de este modelo de colaboración empresarial constituye una alternativa innovadora a la clásica implementación seguida hasta ahora capaz de adoptar los nuevos conceptos de los sistemas de información de Internet en relación a las redes sociales (organizaciones son *prosumers*) y la futura Web 3.0, donde el conocimiento no solo se publica sino que también se intercomunica (comparación de reglas SBVR permite la evolución del modelo dinámico). De este modo, la aplicabilidad del modelo se basa en la compartición del conocimiento para: *aprender de otras experiencias*, ya que las organizaciones pueden beneficiarse del conocimiento adquirido en experiencias colaborativas de otras empresas;

mejorar los procesos de colaboración, gracias a que el modelo está orientado a la mejora de buenas prácticas colaborativas entre diferentes organizaciones no solo en lo que se debe realizar, sino también en cómo se debe implantar; *establecer nuevas colaboraciones*, debido a que la exposición de cómo se colabora en determinados contextos facilita que las organizaciones con formas de trabajar parecidas y que nunca han colaborado, se planteen nuevas iniciativas conjuntamente; *evolucionar con el tiempo*, ya que el modelo dinámico está compuesto por aquellas buenas prácticas colaborativas que más están extendidas en la industria debido a las similitudes encontradas en el proceso de comparación. Así, lo que en un determinado momento es considerado como buena práctica, puede que en un futuro no lo sea ya que hay otras experiencias colaborativas que tienen mayores coincidencias y, por lo tanto, sustituyan a las anteriores dentro del modelo como referencia. Este nuevo modelo evoluciona en función de las aportaciones y no se mantiene estático.

Maturity models allow organisations to improve their processes through a specific roadmap in different areas such as project management, suppliers' management, technical validations, etc. In the global market where Internet has turned into a transforming media within the social and business fields that promotes large-scale interoperability, organisations have seen the necessity of cooperating among them in order to be more competitive. In this context, scientific community and industry as well as several institutions have defined different maturity models oriented to the collaboration and interoperability for specific sectors in some cases or more general in others; models that need an implementation and adaptation depending on the size or characteristics of the involved enterprises. This doctoral thesis contributes to this problematic with a new dynamic collaboration model to allow process oriented organisations define their own success collaborations, independently from the sector, size or role played. This model is based on the use of an standard adopted by the OMG (Object Management Group) for the representation of vocabularies and business rules which is called SBVR (Semantics of Business Vocabulary and Business Rules) and on a new tool developed with ANTLR (ANother Tool for Language Recognition) that includes a semantic, syntactic and lexical analyser in order to interpret the rules defined with this standard. Furthermore, so the dynamic model can be enriched and evolved on the basis of the success cooperation coincidences in the enterprises, it is implemented a comparison process for the SBVR vocabularies in order to establish their similarity

The empirical validation of the dynamic collaboration model definition through the SBVR standard has been carried out taking into account multiple enterprise cooperations in five different scenarios: joint ventures, subcontracting, headquarters opening, strategic alliances with organisations of the same sector and strategic alliances as a partner, while the validation of the SBVR vocabulary comparison process through more than 200 SBVR rules.

As a general conclusion, the proposed definition of this dynamic collaboration model represents an innovative alternative to the classic implementation so the new concepts related to the social networks (organisations are prosumers) of the Internet information systems and the future Web 3.0, where the knowledge not only is published, but also is interconnected (comparison of the SBVR rules allow the dynamic model be evolved), can be adopted. Thus, the applicability of the model is based on the sharing of knowledge to: *learn from other experiences*, since organisations can benefit from the knowledge obtained in collaborative experiences of other companies; *improve the collaborative processes*, due to the fact that the model is oriented to the good practices improvement between different organisations not only in what must be done, but also in how must be implemented; *establish new collaborations*, owing to the definition of how the

collaboration is conducted for determined contexts since it facilitates new initiatives together to organisations that works similarly but never have cooperated before; *evolve with time*, because the dynamic model is composed by those collaborative good practices that are more extended in the industry due to the similarities found in the comparison process. So, what in a determined moment is considered as a good practice, in the future might not be since there are other collaborative experiences that have more coincidences and, hence, replace the previous ones in the model as a reference. This new dynamic collaboration model evolves in function of the contributions and it does not maintain static.

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo de este trabajo de tesis no hubiera sido posible sin el apoyo y contribuciones de grandes profesionales. Evidentemente, como autor de la tesis doctoral, he sido el responsable del contenido investigador y de que finalmente se materializara en este trabajo, pero no habría sido posible finalizar este emocionante viaje sin la contribución de algunas personas. Por una parte, he tenido la suerte de contar con dos buenos directores, Xabier y María José. Me siento muy agradecido a Xabier, quien me ha aconsejado desde el primer momento en cómo orientar mis publicaciones y mi actividad investigadora. He podido descubrir no solo a un investigador con una brillante carrera por delante, sino también a una magnífica persona cuya actitud constructiva es digna de un gran profesional. Respecto a María José, los que la conocen ya saben de su inestimable ayuda en la redacción y enfoque de los trabajos de tesis, por lo que cualquier palabra en este sentido sería insuficiente.

Por si esto no fuera poco, he tenido la fortuna de contar con la dilatada experiencia empresarial de Enrique Muguerza. Hablar con Enrique es aprender del espíritu emprendedor que siempre ha caracterizado a nuestra tierra y comprender su trayectoria es un espejo en el que todos nos gustaría vernos reflejados. Además, también estoy muy agradecido a Naiara Esteban por su ímpetu y colaboración cuando he necesitado su ayuda.

Por otra parte, considero justo hacer una mención especial a otras personas que, sin estar directamente relacionadas con este trabajo de tesis, han contribuido en mi desarrollo académico: mis profesores de E.G.B., B.U.P. y L.O.G.S.E. en el colegio San Francisco Javier San Ignacio y en los institutos IE San Ignacio y IES Ibarrekolanda respectivamente. Todos ellos pusieron hace años una semilla en mi formación que ha florecido en este trabajo. Me inculcaron disciplina, me transmitieron conocimientos y, en definitiva, me enseñaron que el esfuerzo y trabajo duro siempre tiene recompensa.

Por último, aunque no por ello lo menos importante, está mi profundo agradecimiento a mi familia por el apoyo mostrado durante toda la tesis; realmente, sin su amparo incondicional nunca hubiera sido posible terminar este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	i
ABSTRACT	iii
AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xv
Capítulo 1: Introducción	1
1.1 Motivación e Interés del Trabajo	1
1.2 Hipótesis y Objetivos.....	4
1.2.1 Hipótesis	4
1.2.2 Objetivos.....	4
1.3 Organización de la Memoria	6
Capítulo 2: Método de Trabajo	9
2.1 Métodos de Investigación en Ingeniería del Software	9
2.1.1 Método Investigación-Acción	12
2.1.2 Experimentos en Laboratorio.....	17
2.2 Aplicación de Investigación-Acción en este Trabajo de Investigación.....	17
2.2.1 Etapas generales del método de investigación.....	18
2.2.2 Métodos de investigación utilizados.....	18
Capítulo 3: Antecedentes y Análisis de las Soluciones Existentes.....	23
3.1 Modelos de Madurez	23
3.1.1 Capability Maturity Model (CMM)	24
3.1.2 Levels of Information Systems Interoperability (LISI).....	25
3.1.3 Capability Maturity Model Integration (CMMI).....	26
3.1.4 Organizational Interoperability Maturity Model (OIMM)	27
3.1.5 Enterprise Interoperability Maturity Model (EIMM).....	27
3.1.6 Government Interoperability Maturity Matrix (GIMM).....	27
3.1.7 Collaboration Engineering Maturity Model (CEMM).....	28
3.1.8 Information Technology Investment Management (ITIM)	28

3.1.9	<i>IT-Enabled Collaborative Network Organizations (ICoNOs) Maturity Model (MM)</i>	28
3.1.10	<i>Enterprise Collaboration Maturity Model (ECMM)</i>	29
3.1.11	<i>Comparación de los Modelos de Madurez</i>	29
3.2	Lenguajes de Representación de Reglas de Negocio	30
3.2.1	<i>Business Rules Markup Language (BRML)</i>	31
3.2.2	<i>Simple Rule Markup Language (SRML)</i>	31
3.2.3	<i>Rule Markup Language (RuleML)</i>	31
3.2.4	<i>Semantic Web Rules Language (SWRL)</i>	32
3.2.5	<i>Rules Interchange Format (RIF)</i>	33
3.2.6	<i>Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR)</i>	35
3.2.7	<i>OMG – Production Rules Representation (OMG-PRR)</i>	44
3.2.8	<i>Comparación de Lenguajes</i>	45
3.3	Generadores de Analizadores Léxicos, Sintácticos y Semánticos	47
3.3.1	<i>Lex y Flex</i>	49
3.3.2	<i>Yacc y Bison</i>	51
3.3.3	<i>ACCENT</i>	53
3.3.4	<i>Lemon</i>	54
3.3.5	<i>Spirit Parser Framework</i>	55
3.3.6	<i>JavaCC (Java Compiler Compiler)</i>	56
3.3.7	<i>ANTLR</i>	58
3.3.8	<i>Comparación de Generadores</i>	59
	Capítulo 4: Definición del Modelo Dinámico de Colaboración	61
4.1	Modelo Dinámico: Estructura y Representación	61
4.1.1	<i>Configuraciones Teóricas</i>	64
4.1.2	<i>Ciclo de Vida de Colaboración</i>	68
4.1.3	<i>Tipos de Colaboración</i>	72
4.1.4	<i>Comparación entre Definiciones de Modelos</i>	74
4.2	Comparación de Reglas Basadas en el Estándar SBVR	75
4.2.1	<i>Primera Fase: Transformación XML</i>	77
4.2.2	<i>Segunda Fase: Análisis</i>	90
4.2.3	<i>Tercera Fase: Comparación de Árboles SBVR</i>	112
4.2.4	<i>Cuarta Fase: Resultados Finales</i>	121
4.3	Creación y Evolución del Modelo Dinámico	124
4.3.1	<i>Creación de mi Modelo Dinámico</i>	124
4.3.2	<i>Normas para la Definición SBVR del Modelo Dinámico</i>	132
4.3.3	<i>Evolución de mi Modelo Dinámico</i>	134

	Capítulo 5: Validación Experimental	137
5.1	Planteamiento de la Validación	137
5.2	Validación de la Definición Inicial del Modelo Dinámico de Colaboración	142
5.2.1	<i>Definición de las Colaboraciones Empresariales con SBVR</i>	143
5.2.2	<i>Análisis de los Resultados de las Colaboraciones Empresariales con SBVR</i>	145
5.2.3	<i>Análisis de la definición de ECMM con SBVR</i>	153
5.2.4	<i>Conclusiones de la Definición Inicial del Modelo</i>	163
5.3	Validación del Proceso de Comparación de Vocabularios SBVR	164
5.3.1	<i>Análisis de la definición de CMMI con SBVR</i>	164
5.3.2	<i>Análisis de Resultados del Proceso de Comparación</i>	174
5.3.3	<i>Conclusiones</i>	181
	Capítulo 6: Conclusiones y Líneas Abiertas	183
6.1	Consecución de los Objetivos	183
6.2	Futuras Líneas de Investigación	187
	Capítulo 7: Bibliografía	189
	Capítulo 8: Glosario	197
	Anexo 1: Resumen de las Representaciones Gráficas	199
	Anexo 2: Reglas ANTLR del Iterador en el Analizador Semántico	201
	Anexo 3: Ejemplo de Creación del Modelo Dinámico con SBVR	203
	Anexo 4: Áreas de Proceso	211
	Anexo 5: Análisis de ECMM con SBVR	213
	Anexo 6: Análisis de CMMI con SBVR	223

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ganancia versus Coste [Idc10]	2
Figura 2-1: Desconexión Investigación y Práctica en Ingeniería del Software [Moo00]	10
Figura 2-2: Tipos de investigación, enfoques metodológicos y técnicas de datos	10
Figura 2-3: Carácter cíclico de investigación-acción	15
Figura 2-4: Proceso de investigación de esta tesis	18
Figura 2-5: Dimensiones de uso del método de investigación-acción (ciclos y proyectos)	21
Figura 3-1: Documentos RIF	34
Figura 3-2: Dialecto RIF	35
Figura 3-3: Relación de SBVR con MDA [Sbv08]	36
Figura 3-4: Vocabulario y Reglas en SBVR [Sbv08]	37
Figura 3-5: Enfoque de la Reglas de Negocio en SBVR [Sbv08]	41
Figura 3-6: Elementos del Metamodelo en SBVR [Sbv08]	42
Figura 3-7: Relación Reglas y Objetos en OMG PRR	44
Figura 3-8: Relación entre Fases del Ciclo de Vida y Lenguajes	47
Figura 3-9: Fases de un Proceso de Compilación	47
Figura 3-10: Ejemplo de Árbol de Sintaxis Abstracta	48
Figura 3-11: Flujo en Flex	50
Figura 3-12: Flujo en Yacc	51
Figura 3-13: Arquitectura de ACCENT [Zie03]	54
Figura 3-14: Fases de los Generadores	60
Figura 4-1: Eje de coordenadas del modelo dinámico	62
Figura 4-2: Área de proceso en el eje de coordenadas	62
Figura 4-3: Malla de procesos en el eje de coordenadas	63
Figura 4-4: Colaboración para un mismo sector	64
Figura 4-5: Colaboración para un mismo rol	65
Figura 4-6: Colaboración para un mismo tamaño	65
Figura 4-7: Combinación de configuraciones teóricas	66
Figura 4-8: Combinación entre áreas sin ningún factor en común	66
Figura 4-9: Representación de un ejemplo práctico	67
Figura 4-10: Ciclo de vida de colaboración [Eco06]	68
Figura 4-11: Ciclo de vida en la estructura del modelo	69
Figura 4-12: Representación de una empresa	70
Figura 4-13: Representación del ciclo de vida de colaboración entre empresas	70

Figura 4-14: Representación de un ejemplo práctico	71
Figura 4-15: Representación de la cadena de suministro	72
Figura 4-16: Representación de la red de empresas	73
Figura 4-17: Representación del ecosistema de negocio	73
Figura 4-18: Representación del tipo de colaboración en el ejemplo práctico.....	74
Figura 4-19: Elementos de la comparación de vocabularios y reglas SBVR	75
Figura 4-20: Fases del proceso de comparación	77
Figura 4-21: Flujo de tokens entre el analizador léxico y sintáctico.....	90
Figura 4-22: Resultado del analizador léxico.....	93
Figura 4-23: Árbol de sintaxis abstracta para reglas de negocio I.....	95
Figura 4-24: Árbol de sintaxis abstracta para reglas de negocio II.....	97
Figura 4-25: Árbol de sintaxis abstracta para reglas de negocio III.....	98
Figura 4-26: Árbol de sintaxis abstracta para los Tipos de Hecho.....	100
Figura 4-27: Árbol de sintaxis abstracta para los Hechos Relacionados	101
Figura 4-28: Árbol de sintaxis abstracta para los términos.....	102
Figura 4-29: Resultado analizador sintáctico de la primera regla de negocio I.....	103
Figura 4-30: Resultado analizador sintáctico de la primera regla de negocio II.....	104
Figura 4-31: Resultado analizador sintáctico de la segunda regla de negocio.....	105
Figura 4-32: Resultado analizador semántico de la primera regla de negocio I	109
Figura 4-33: Resultado analizador semántico de la primera regla de negocio II	110
Figura 4-34: Resultado analizador semántico de la segunda regla de negocio.....	111
Figura 4-35: Comparación de reglas para la similitud sintáctica.....	116
Figura 4-36: Ejemplo de resultado del proceso de comparación.....	123
Figura 4-37: Ejemplo del resumen del resultado del proceso de comparación.....	123
Figura 5-1: Definición inicial de mi Modelo Dinámico de Colaboración	138
Figura 5-2: Modelos de madurez que intervienen en el proceso de comparación.....	140
Figura 5-3: Ejecución del experimento.....	142
Figura 5-4: Vocabulario SBVR de las colaboraciones empresariales.....	143
Figura 5-5: Vocabulario SBVR para el escenario de U.T.E.	143
Figura 5-6: Vocabulario SBVR para el escenario de subcontratación	144
Figura 5-7: Vocabulario SBVR para el escenario de apertura de sedes.....	144
Figura 5-8: Vocabulario SBVR para el escenario de alianza estratégica como partner	145
Figura 5-9: Vocabulario SBVR para el escenario de alianza estratégica con otras empresas	145
Figura 5-10: Modelo dinámico de colaboración para U.T.E.	148
Figura 5-11: Modelo dinámico de colaboración para Subcontratación	149

Figura 5-12: Modelo dinámico de colaboración para apertura de sedes	150
Figura 5-13: Modelo dinámico de colaboración para alianza estratégica como partner.....	151
Figura 5-14: Modelo dinámico de colaboración para alianza estratégica con otras empresas	152
Figura 5-15: Vocabulario SBVR para el Nivel 2 de ECMM	154
Figura 5-16: Vocabulario SBVR para el dominio <i>Project and Product Management</i>	154
Figura 5-17: Vocabulario SBVR para el dominio <i>Business Process and Strategy</i>	155
Figura 5-18: Vocabulario SBVR para el dominio <i>Collaboration, Legal and Trust</i>	155
Figura 5-19: Vocabulario SBVR para el dominio <i>Organisation</i>	155
Figura 5-20: Variabilidad de las reglas SBVR del Nivel 2 de ECMM.....	156
Figura 5-21: Estructuras más repetidas para reglas con cinco o más coincidencias.....	157
Figura 5-22: Estructuras más repetidas de las reglas SBVR del Nivel 2 de ECMM	157
Figura 5-23: Proporción de formulaciones de negocio en las reglas del Nivel 2 de ECMM.....	158
Figura 5-24: Variabilidad de las reglas SBVR del Nivel 2 de ECMM sin auxiliares	159
Figura 5-25: Variabilidad de los tipos de hecho para el Nivel 2 de ECMM.....	160
Figura 5-26: Verbos de los tipos de hecho más repetidos en el Nivel 2 de ECMM.....	160
Figura 5-27: Tipos de hechos relacionados en el Nivel 2 de ECMM.....	161
Figura 5-28: Hechos relacionados de tipo <i>role</i> más repetidos en el Nivel 2 de ECMM.....	162
Figura 5-29: Hechos relacionados de tipo <i>category</i> más repetidos en el Nivel 2 de ECMM.....	162
Figura 5-30: Vocabulario SBVR para el Nivel 2 de CMMI	164
Figura 5-31: Vocabulario SBVR para <i>Project Planning</i>	165
Figura 5-32: Vocabulario SBVR para <i>Project Monitoring and Control</i>	165
Figura 5-33: Vocabulario SBVR para <i>Requirements Management</i>	165
Figura 5-34: Vocabulario SBVR para <i>Configuration Management</i>	166
Figura 5-35: Vocabulario SBVR para <i>Process and Product Quality Assurance</i>	166
Figura 5-36: Vocabulario SBVR para <i>Measurement and Analysis</i>	166
Figura 5-37: Variabilidad de las reglas SBVR del Nivel 2 de CMMI.....	167
Figura 5-38: Estructuras más repetidas para reglas con cinco o más coincidencias.....	168
Figura 5-39: Estructuras más repetidas de las reglas SBVR del Nivel 2 de CMMI	168
Figura 5-40: Proporción de formulaciones de negocio en las reglas del Nivel 2 de CMMI.....	169
Figura 5-41: Variabilidad de los tipos de hecho para el Nivel 2 de CMMI	170
Figura 5-42: Tipos de hechos relacionados en el Nivel 2 de CMMI.....	170
Figura 5-43: Tipos de hechos relacionados en el Nivel 2 de CMMI.....	171
Figura 5-44: Hechos relacionados de tipo <i>role</i> más repetidos en el Nivel 2 de CMMI	172
Figura 5-45: Hechos relacionados de tipo <i>category</i> más repetidos en el Nivel 2 de CMMI.....	173
Figura 6-1: Eje de coordenadas del modelo dinámico	183

Figura A3-1: Definición variable y opcional de términos para el modelo dinámico	204
Figura A3-2: Definición fija de tipos de hecho para el modelo dinámico	204
Figura A3-3: Definición variable de tipos de hecho para el modelo dinámico.....	205
Figura A3-4: Definición variable, fija y opcional de reglas para el modelo dinámico	205
Figura A5-1: Coincidencias >1 en reglas de negocio ECMM	214
Figura A5-2: Coincidencias >=3 en reglas de negocio ECMM	215
Figura A5-3: Coincidencias >=5 en reglas de negocio ECMM	215
Figura A5-4: Coincidencias >=7 en verbos de los tipos de hecho en ECMM.....	218
Figura A5-5: Verbos más empleados en los tipos de hecho en ECMM.....	218
Figura A5-6: Coincidencias >1 para los roles en ECMM	220
Figura A5-7: Coincidencias >=4 para los roles en ECMM	221
Figura A5-8: Coincidencias >1 para las categorías en ECMM.....	222
Figura A5-9: Coincidencias >=4 para las categorías en ECMM.....	222
Figura A6-1: Coincidencias >1 en reglas de negocio CMMI	224
Figura A6-2: Coincidencias >=3 en reglas de negocio CMMI	224
Figura A6-3: Coincidencias >=5 en reglas de negocio CMMI	224
Figura A6-4: Coincidencias >=7 en verbos de los tipos de hecho en CMMI.....	227
Figura A6-5: Verbos más empleados en los tipos de hecho en CMMI.....	227
Figura A6-6: Coincidencias >1 para los roles en CMMI	230
Figura A6-7: Coincidencias >=4 para los roles en CMMI	230
Figura A6-8: Coincidencias >1 para las categorías en CMMI.....	232
Figura A6-9: Coincidencias >=4 para las categorías en CMMI.....	233

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Diferencias entre investigación cualitativa y cuantitativa.....	12
Tabla 2-2: Diferencias entre investigación cualitativa y cuantitativa.....	19
Tabla 2-3: Roles o participantes en la tesis para el método investigación-acción	20
Tabla 3-1: Relación OIMM y LISI.....	27
Tabla 3-2: Comparación Sectorial de los Modelos de Madurez.....	29
Tabla 3-3: Correspondencia entre Niveles de los Modelos de Madurez	30
Tabla 3-4: Elementos de los Niveles de OMG PRR	45
Tabla 3-5: Comparación de Lenguajes de Representación de Reglas de Negocio	46
Tabla 3-6: Comparación de Generadores	60
Tabla 4-1: Comparación entre definiciones de modelos	74
Tabla 4-2: Etiquetas XML para Términos y Conceptos Individuales.....	79
Tabla 4-3: Etiquetas XML para Tipos de Hecho.....	81
Tabla 4-4: Etiquetas XML para los Hechos Relacionados.....	83
Tabla 4-5: Etiquetas XML para los Operadores Modales	86
Tabla 4-6: Etiquetas XML para los Cuantificadores.....	87
Tabla 4-7: Etiquetas XML para los Operadores Lógicos	88
Tabla 4-8: Etiquetas XML para Otras Palabras Clave	89
Tabla 4-9: Estructura general para la transformación XML de las Reglas de Negocio	89
Tabla 4-10: Palabras clave definidas en el analizador léxico.....	91
Tabla 4-11: Algunas reglas del analizador léxico.....	92
Tabla 4-12: Ejemplo comparación tipos de hecho	115
Tabla 4-13: Cálculo equivalencia semántica	119
Tabla 4-14: Márgenes de la clasificación Prácticamente Iguales	121
Tabla 4-15: Márgenes de la clasificación Similares con Diferencias Pequeñas.....	121
Tabla 4-16: Márgenes de la clasificación Similares con Diferencias Apreciables.....	122
Tabla 4-17: Márgenes de la clasificación Distintas.....	122
Tabla 4-18: Relación entre estructura dinámica y definición SBVR I	130
Tabla 4-19: Relación entre estructura dinámica y definición SBVR II	131
Tabla 4-20: Relación entre estructura dinámica y definición SBVR III	132
Tabla 5-1: Resumen escenarios.....	152
Tabla 5-2: Niveles y áreas de proceso ECMM I	153
Tabla 5-3: Niveles y áreas de proceso ECMM II	153
Tabla 5-4: Resumen denominación fija SBVR.....	163

Tabla 5-5: Comparación repetibilidad de reglas de negocio ECMM/CMMI.....	169
Tabla 5-6: Comparación estructura de reglas de negocio ECMM/CMMI	169
Tabla 5-7: Comparación formulación de reglas de negocio ECMM/CMMI.....	169
Tabla 5-8: Comparación tipos de hecho ECMM/CMMI	171
Tabla 5-9: Comparación verbos de los tipos de hecho ECMM/CMMI	171
Tabla 5-10: Comparación hechos relacionados ECMM/CMMI	173
Tabla 5-11: Comparación contenido tipo de hecho role ECMM/CMMI	173
Tabla 5-12: Comparación contenido tipo de hecho <i>category</i> ECMM/CMMI.....	174
Tabla 5-13: Valores estadísticos para el grupo <i>prácticamente iguales</i>	175
Tabla 5-14: Valores estadísticos para el grupo <i>similares con diferencias pequeñas</i>	176
Tabla 5-15: Valores estadísticos para el grupo <i>similares con diferencias apreciables</i>	178
Tabla A1-1: Resumen de las representaciones gráficas I.....	199
Tabla A1-2: Resumen de las representaciones gráficas II.....	200
Tabla A4-1: Áreas de Proceso de ECMM.....	211
Tabla A4-2: Áreas de Proceso de CMMI Dev. v1.3.....	212
Tabla A5-1: Configuración Reglas de Negocio ECMM I.....	213
Tabla A5-2: Configuración reglas de negocio ECMM II.....	214
Tabla A5-3: Configuración tipos de hecho ECMM I.....	216
Tabla A5-4: Configuración tipos de hecho ECMM II.....	217
Tabla A5-5: Configuración hechos relacionados ECMM	218
Tabla A5-6: Configuración del hecho relacionado <i>Role</i> en ECMM I.....	219
Tabla A5-7: Configuración del hecho relacionado <i>Role</i> en ECMM II.....	220
Tabla A5-8: Configuración del hecho relacionado <i>Category</i> en ECMM.....	221
Tabla A6-1: Configuración reglas de negocio CMMI.....	223
Tabla A6-2: Configuración tipos de hecho CMMI	225
Tabla A6-3: Verbos de los tipos de hecho CMMI I.....	225
Tabla A6-4: Verbos de los tipos de hecho CMMI II.....	226
Tabla A6-5: Tipos de hechos relacionados en CMMI.....	227
Tabla A6-6: Role de los hechos relacionados en CMMI I.....	228
Tabla A6-7: Role de los hechos relacionados en CMMI II.....	229
Tabla A6-8: Categorías de los hechos relacionados en CMMI I.....	231
Tabla A6-9: Categorías de los hechos relacionados en CMMI II.....	232

1.1 Motivación e Interés del Trabajo

Los modelos de madurez definen buenas prácticas que muestran el camino de una organización para alcanzar la excelencia a través de distintos niveles de madurez o áreas de proceso. En los últimos años, la evolución de una sociedad cada vez más interconectada ha propiciado que organizaciones con objetivos de negocio común colaboren entre sí para competir en mejores condiciones en el mercado globalizado. Por este motivo, la industria o la comunidad científica ha desarrollado una gran variedad de modelos de madurez orientados a la colaboración e interoperabilidad en distintas áreas como por ejemplo: LISI (Levels of Information Systems Interoperability) para el desarrollo de software, OIMM (Organizational Interoperability Maturity Model) para defensa, EIMM (Enterprise Interoperability Maturity Model) para los servicios de gobierno, CEMM (Collaboration Engineering Maturity Model) para el sector industrial o el ECMM (Enterprise Collaboration Maturity Model) para redes de empresas u organizaciones virtuales. Más aún, la industria está influenciada por una nueva era de colaboración empresarial gracias a las redes sociales que impulsan negocios en la Web 2.0 así como una relación más estrecha entre clientes, partners, proveedores y trabajadores.

Cada uno de los modelos de madurez mencionados se centra en colaboraciones dentro de sectores concretos lo que dificulta su aplicación entre empresas de distintos ámbitos o por el contrario son modelos demasiado generales lo que implica tener que realizar posteriormente una implementación ad-hoc. Por otro lado, es necesario que empresas de consultoría asesoren a las organizaciones en el camino de mejora ya que los modelos son difíciles de interpretar y aplicar debido a su intento de abarcar procesos organizacionales de amplio espectro que en muchas ocasiones no aplican o simplemente se implantan para cumplir con una certificación. Además, todos los modelos describen *qué* se debe hacer pero no *cómo* se deben implantar los procesos. En consecuencia, queda patente la necesidad de permitir la generación del propio contenido de los modelos de madurez teniendo en cuenta las características propias de cada colaboración que se pueda producir en el mundo empresarial y atendiendo a los paradigmas de las redes sociales.

En cuanto al futuro de los modelos de madurez, el mundo de los negocios ha entrado en una nueva era donde las redes sociales impactan en la innovación empresarial y realidad económica [Fin10]. Un estudio realizado por la compañía IDC (International Data Corporation) muestra que el 41% de los encuestados trabajan en algún tipo de iniciativa de negocio social (social business en inglés) [Bus11]. Este nuevo paradigma redefine las relaciones interpersonales y de negocio con compañeros, trabajadores, clientes, “partners” y proveedores. Mediante el crecimiento de la Web social, los métodos

innovadores de colaboración requieren un nuevo tipo de comunicación que se ha traducido en herramientas como Facebook, Twitter, YouTube y LinkedIn donde los profesionales y corporaciones ya están ampliamente conectados. La adopción de redes sociales en el mundo de los negocios es motivo de análisis económicos que han dado lugar a estudios cuyos resultados se han cuantificado obteniéndose el ROI (Return on Investment) correspondiente (ver Figura 1-1).

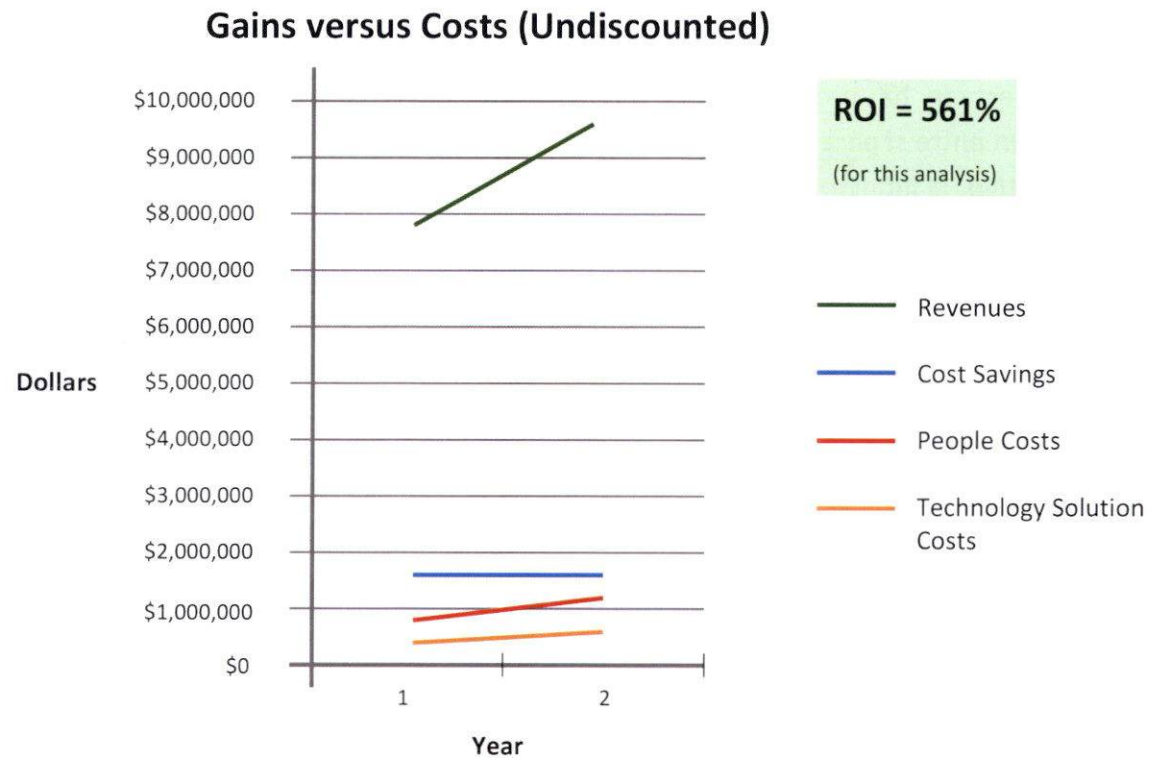


Figura 1-1: Ganancia versus Coste [Idc10]

En este contexto, el vicepresidente de soluciones para negocio software de IDC, Michael Fauscette, asegura que 2011 ha vivido una rápida expansión de cambios en el negocio de las organizaciones que está siendo conducido por los clientes, trabajadores con responsabilidades y la convergencia de nuevas capacidades tecnológicas [FTW11]. Así, están surgiendo nuevas necesidades para los modelos de madurez:

- La participación de las organizaciones a través de su trabajadores y de las nuevas tecnologías en la definición y creación de buenas prácticas surgidas de la propia experiencia en el negocio;
- La necesidad de dar una rápida respuesta a cambios en el negocio que repercuten en la definición de los procesos;

- La utilización del concepto de red social para potenciar las colaboraciones empresariales entre empresas que compartan objetivos de negocio comunes;
- La necesidad de personalizar las actividades de los modelos a las PYMES para favorecer su implantación en proyectos con particularidades muy diferentes a los proyectos de las grandes y medianas empresas.

La industria está entrando en una nueva fase de colaboración en los negocios, impulsada por la intersección de la Web 2.0, Empresa 2.0 y herramientas colaborativas para formar el negocio social. La colaboración empresarial es un área clave fomentada por la generalización del consumo de las tecnologías de la información y los usuarios de negocio espolearán su uso para aumentar la productividad y una colaboración más estrecha entre clientes, partners, proveedores y trabajadores [Idc10].

Sin embargo, en la actualidad existe una carencia en la adaptación de los modelos de madurez a estos nuevos paradigmas de red social así como la inherente colaboración empresarial. Por ejemplo, Yates, Staggars, Rodney y otros [Yat11, SRA+11] en sus estudios proponen modelos sectoriales en el Gobierno y la Sanidad respectivamente mientras que Ektron [Ekt11] y MomentumSI [Mom11] son organizaciones que definen modelos de mejora en función de sus propias plataformas tecnológicas. Su especificación atiende al clásico enfoque de niveles y prácticas sobre qué actividades se deben realizar, pero su definición no se ha realizado en un contexto de red de negocios donde las aportaciones de diferentes entidades hubieran podido enriquecer su contenido inclusive al nivel de la propia implementación de las prácticas.

En el futuro los conceptos de la Web 2.0, donde las personas han pasado de consumir contenidos (consumers) a producirlos (prosumers), evolucionarán hacia la innovadora Web 3.0 donde se permitirá una conexión más inteligente de todos los contenidos que se produzcan en la Web. En este marco, Byron [Byr10] analiza los beneficios de cómo los sistemas de gestión de reglas de negocio en un ecosistema abierto permite a las organizaciones que implementan reglas de negocio una mejor colaboración de procesos e información.

El reto subyace en dotar de los medios suficientes a las organizaciones para que puedan representar su negocio dentro de un escenario de colaboración con otras entidades y que esta experiencia sirva de contenido para unas buenas prácticas. Por lo tanto, un modelo de madurez sería el resultado de la participación activa de los roles implicados como si de una red social de negocios se tratara. Además, la relación con la implementación de diferentes experiencias colaborativas enriquecería las prácticas ya definidas en el modelo de madurez favoreciendo la evolución del propio negocio en cooperación. De este modo, las aportaciones de las organizaciones se conectan entre sí para que el conocimiento del modelo surja de las características particulares de las cooperaciones en el negocio, independientemente del sector, tamaño o rol.

Los lenguajes de representación de reglas de negocio proporcionan la respuesta para definir un modelo de colaboración surgido de las experiencias de las organizaciones así como la interpretación y comparación de estas reglas como medio para evolucionar su contenido.

1.2 Hipótesis y Objetivos

Con el fin de delimitar con mayor precisión el ámbito de trabajo a realizar, presento en este apartado la hipótesis cuya verificación promueve la actual labor de investigación, así como los objetivos fijados para el desarrollo de la misma.

1.2.1 Hipótesis

La hipótesis que se plantea en esta tesis doctoral puede resumirse de la siguiente forma:

“Si se proporciona un medio para la definición de experiencias exitosas de negocio cooperativo a la industria a través de un lenguaje de representación de reglas de negocio, se posibilitará la creación y evolución de la implementación de buenas prácticas en un nuevo modelo de colaboración empresarial basado en los conceptos de red de negocio social colaborativa”

La demostración de la veracidad de esta hipótesis determinará las acciones del proceso de investigación como medios fundamentales para su validación.

1.2.2 Objetivos

El objetivo general de este trabajo de tesis consiste en *dotar a las organizaciones de los mecanismos necesarios para contribuir a la creación y evolución de un modelo de colaboración a través de un lenguaje de representación de reglas de negocio* que bajo el paradigma del negocio social favorezca la implementación de buenas prácticas para la creación, mantenimiento y evolución de redes empresariales, independientemente del sector, tamaño y rol.

Su relevancia es clara ya que los servicios de colaboración e interoperabilidad empresarial se convertirán para 2020 en un conocimiento autoadaptativo y dominante a disposición de las redes empresariales de cualquier sector industrial y dominio para que rápidamente se establezcan, gestionen eficientemente y operen en diferentes formas de negocio colaborativo [Coi11].

En consecuencia se trata de investigar las limitaciones de los modelos de madurez orientados a la cooperación definidos en la actualidad, y de proponer un innovador

concepto de representación de los modelos de colaboración a partir de la utilización de un lenguaje de representación de reglas de negocio que permita a las propias organizaciones que colaboran implementar sus propias experiencias. De este modo, se potencia la implementación de buenas prácticas colaborativas como si de una red de negocios social se tratara. Lograr este ambicioso objetivo requiere:

- *Definir un modelo dinámico de colaboración a través de un lenguaje de representación de reglas de negocio.* Los componentes que sirven de base para dotar de contenido al modelo de colaboración ofrecen una estructura conocida para aquellas empresas con cultura de implantación de sistemas de calidad y de procesos. La implementación de las buenas prácticas del modelo de colaboración se realiza mediante el SBVR que es un estándar adoptado por el Object Management Group (OMG) en 2008 cuyo fin es la representación de reglas de negocio a través del lenguaje natural. Obviamente, los usuarios de las organizaciones que quieren describir una colaboración entre dos o más empresas para este modelo dinámico de colaboración, no necesitan de ningún estudio específico más allá del conocimiento del propio estándar, aunque habría que definir un marco más acotado tanto para la descripción de las propias reglas como la adecuación de las mismas para los componentes que forman el modelo.
- *Implementar un proceso de comparación de reglas de negocio a través de un generador de analizadores léxicos, sintácticos y semánticos.* La comparación de reglas de negocio escritas mediante SBVR tiene como base la creación de árboles de sintaxis abstracta (Abstract Syntax Tree) que se construyen mediante el desarrollo software de un generador basado en ANTLR que interprete las reglas de negocio desde tres puntos de vista: léxico, sintáctico y semántico, además de realizar el proceso de comparación entre árboles y extraer resultados. Entre las grandes dificultades que surgen en la implementación del proceso destaca, por ejemplo, el reconocimiento de las múltiples estructuras sintácticas que un usuario puede llegar a definir mediante SBVR y los valores que se deben asignar a un conjunto de fórmulas algebraicas para cuantificar la similitud de reglas.

Este planteamiento no está cubierto actualmente por ningún sistema de información del mercado, ni tampoco ha sido investigado con profundidad dentro de la comunidad científica.

En consonancia con el objetivo general definido surgen las tareas siguientes:

- Definir pautas sobre cómo estructurar las reglas de negocio basadas en SBVR para facilitar su escritura a las organizaciones.
- Establecer cómo definir los vocabularios SBVR en XML siguiendo los esquemas XSD del estándar para el proceso de comparación.

- Determinar qué porcentaje de cumplimiento a nivel léxico, sintáctico y semántico deben cumplir las reglas de negocio basadas en SBVR para que se consideren similares.
- Realizar un estudio de las estructuras de las reglas de negocio, tipos de hecho y hechos relacionados que definen los Niveles 2 de los modelos de madurez CMMI (Capability Maturity Model Integration) y ECMM (Enterprise Collaboration Maturity Model).
- Definir una primera versión del modelo dinámico de colaboración en base a colaboraciones exitosas entre diferentes organizaciones a partir de experiencias reales de proyectos en cooperación.
- Desarrollar los componentes software para implementar el proceso de comparación con ANTLR y explotar dichos resultados en un sistema de información.

1.3 Organización de la Memoria

La presente memoria del trabajo de investigación se compone, además de este primer capítulo de introducción y planteamiento de objetivos, de tres grandes secciones que configuran las fases en las que se ha dividido la tesis doctoral: el estudio de las diferentes áreas de conocimiento implicadas y la definición del área de trabajo, el desarrollo del nuevo modelo y la validación de esta solución innovadora así como el análisis de los resultados. Estas secciones se estructuran a su vez en los diferentes capítulos descritos a continuación.

El capítulo 2 expone el método de trabajo empleado para alcanzar los objetivos generales y específicos marcados en la tesis. Se incluye una descripción genérica sobre los distintos tipos de métodos de investigación existentes para, a continuación, profundizar en las características específicas del método empleado en este trabajo de investigación.

El capítulo 3 presenta de manera detallada los antecedentes y un análisis de las soluciones existentes en el ámbito de las distintas áreas implicadas en el trabajo. La exposición se divide en tres grandes apartados. En primer lugar, se estudia el origen, estructura y composición de los modelos de madurez orientados a la colaboración. Seguidamente, se comentan los estándares para la representación de reglas de negocio incidiendo en sus características y aplicaciones fundamentales en la industria. Para terminar, se resume el estado del arte de los distintos generadores de analizadores léxicos, sintácticos y semánticos.

El capítulo 4, en primer lugar, explica detalladamente la estructura del modelo dinámico de colaboración, es decir, los elementos sobre los que se implementará el propio contenido. Posteriormente, incluye el proceso de comparación de reglas de negocio

basadas en SBVR, describiendo en profundidad cómo se han desarrollado los analizadores léxicos, sintácticos y semánticos con la herramienta ANTLR a través de los árboles de sintaxis abstracta así como los valores empleados para determinar la similitud entre las reglas. Finalmente, detalla cómo se deben definir las reglas escritas en SBVR para que cumplan con el modelo dinámico de colaboración.

El capítulo 5 proporciona un análisis de las reglas SBVR empleadas para definir el Nivel 2 de los modelos CMMI y ECMM además de describir cómo se implementaría el modelo dinámico de colaboración a través de un caso de estudio basado en las cooperaciones entre varias empresas, las cuales se desarrollan en cinco escenarios colaborativos. También se incluye una evaluación de los resultados obtenidos de comparar las reglas SBVR del Nivel 2 de los modelos CMMI y ECMM con el objetivo de validar empíricamente el proceso de comparación y concluir con qué rangos a nivel léxico, sintáctico y semántico se puede determinar que una regla es similar a otra.

Para acabar, incluyo un capítulo dedicado a conclusiones y líneas de trabajo futuros donde resumo los resultados obtenidos en relación con los objetivos planeados así como las líneas abiertas que permitirían evolucionar el planteamiento de la investigación de la tesis. Además, se incluyen las publicaciones en congresos internacionales realizados durante la investigación de esta tesis doctoral.

La memoria se completa con cinco anexos que recogen, respectivamente, el resumen de las representaciones gráficas del modelo dinámico de colaboración, las reglas ANTLR de la función de iteración del analizador semántico, un ejemplo de creación del modelo dinámico a través de SBVR y un análisis en profundidad de las reglas de negocio utilizadas para la definición de los Niveles 2 de ECMM y CMMI.

En este capítulo se expone el método de trabajo seguido para cumplir con los objetivos marcados en esta tesis doctoral. En primer lugar se presenta un marco teórico general sobre los distintos tipos de métodos de investigación, para posteriormente profundizar en las características específicas de los métodos usados durante el desarrollo de este trabajo de investigación. Y en segundo lugar se indica el modo concreto en que estos métodos han sido aplicados.

2.1 Métodos de Investigación en Ingeniería del Software

Comprender una disciplina implica aprendizaje, es decir, observación, reflexión y encapsulación de conocimiento, construcción de modelos (del dominio de aplicación, de los procesos para resolver problemas, etc.), experimentación, y evolución de los modelos con el tiempo [Bas00]. Este paradigma ha sido utilizado en campos tan diversos como la medicina, la física, o la industria manufacturera; pero las únicas diferencias entre unos campos y otros estriban en cómo se construyen y analizan los modelos, y cómo se lleva a cabo la experimentación.

Desde un punto de vista científico, las áreas de *Sistemas de Información e Ingeniería del Software* son de carácter experimental. La investigación en ellas se centra en conocer la naturaleza de los procesos, productos e interrelaciones entre ellos en el contexto de un sistema software o de un sistema organizacional en el caso de los sistemas de información.

La Ingeniería del Software como cualquier otra disciplina científica aplicada tiene dos objetivos fundamentales [Phi98]: aumentar el conocimiento (teórico) para entender por qué las cosas ocurren en un área particular de interés; y mejorar las prácticas (práctico) de forma que los resultados de la investigación sean útiles. Por lo tanto, es fundamental establecer una buena base teórica en ingeniería del software, pero siempre con el objetivo de obtener resultados útiles en la práctica.

Ésta no es la situación habitual, en la que a menudo se proponen nuevas ideas, métodos, etc., sin aplicación en la práctica, existiendo una clara desconexión entre la investigación teórica y su aplicación [Moo00] tal y como se puede observar en la Figura 2.1.

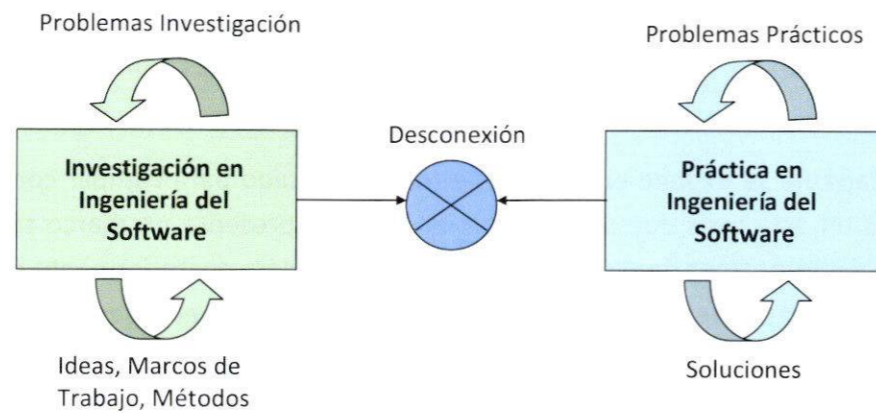


Figura 2-1: Desconexión Investigación y Práctica en Ingeniería del Software [Moo00]

En toda investigación, primeramente se deberá decidir su modalidad: confirmatoria, donde el objetivo es comprobar la validez de una determinada afirmación o teoría establecida antes del análisis, o exploratoria, donde el objetivo es la adquisición del conocimiento y los indicios necesarios para comprender una determinada realidad y poder derivar nuevas teorías. La selección y empleo de un método de investigación que gobierne el proceso de indagación y descubrimiento y que lógicamente se amolde a las necesidades y características del trabajo, así como la selección de las necesidades técnicas de recolección de datos a emplear durante la investigación y análisis de éstos, completan una visión general de las principales áreas de decisión a considerar en lo que al planteamiento del marco metodológico de la investigación se refiere [SGB04] (ver Figura 2-2).

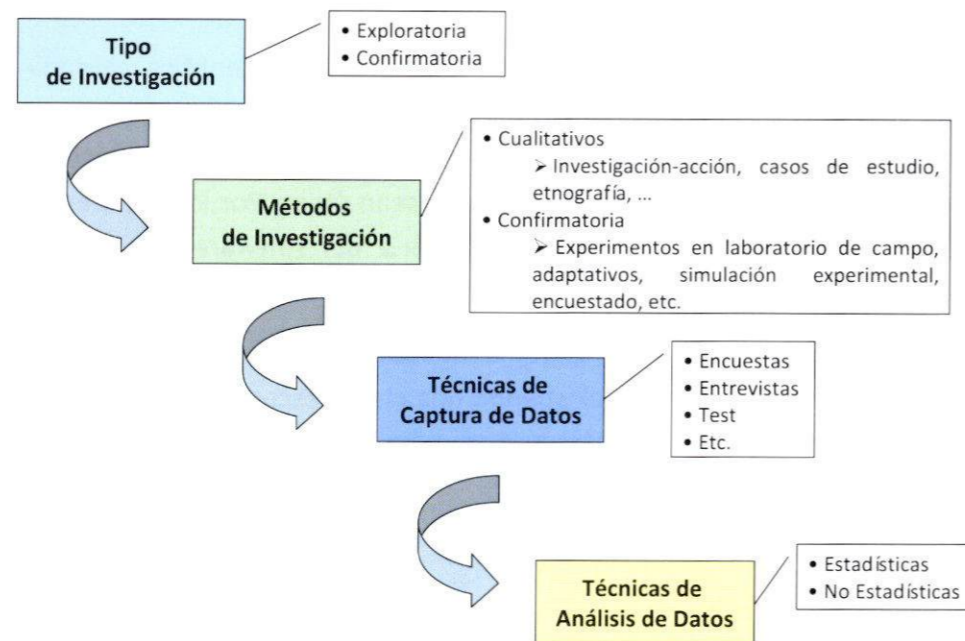


Figura 2-2: Tipos de investigación, enfoques metodológicos y técnicas de datos

En Ingeniería del Software existen distintos métodos de trabajo adecuados en función del tipo de investigación que se está realizando. Aunque los métodos de investigación pueden clasificarse de diversas formas, una clasificación ampliamente aceptada es la que los divide en cuantitativos y cualitativos. Los métodos de investigación cuantitativos [SGB04] son especialmente adecuados para el estudio de fenómenos u objetos naturales, y en este tipo de métodos se podrían encuadrar los métodos deductivos y empíricos, siendo algunos ejemplos los estudios y los experimentos de campo, los experimentos de laboratorio, la simulación experimental, el encuestado, la investigación de archivo, la de opinión o los experimentos adaptativos. El estudio de fenómenos culturales y sociales requiere otro tipo de métodos, que no se basen en experimentos ni teorías formales, sino en observaciones de los participantes, entrevistas, cuestionarios, documentos y textos (informes, artículos,...), impresiones y reacciones del investigador, etc. Estos métodos se encuadran dentro de lo que se conoce como métodos cualitativos [Mye97] y ejemplos de estos métodos son el método de investigación-acción, la investigación basada en casos de estudio, o la etnografía.

Las principales diferencias entre la investigación cualitativa y cuantitativa se encuentran en la naturaleza de los datos y en el análisis realizado. En la investigación cualitativa los datos son poco estructurados, obtenidos mediante entrevistas, observaciones y discusiones en grupo y no se suelen analizar de forma estadística, mientras que en la investigación cuantitativa los datos son más estructurados y se utilizan técnicas estadísticas para su análisis. De hecho, la investigación cuantitativa, en su corriente interpretativa, es entendida como una investigación social que estudia fenómenos que no son explicados a través de números e índices y que posee un fin descriptivo e interpretativo de los hechos en base a la búsqueda de patrones. Por el contrario, la investigación cuantitativa, en su corriente positivista, se basa en el estudio y análisis estadístico de los datos, enmarcado dentro de experimentos formales descriptivos y comparativos, y postula que sólo el conocimiento obtenido a través de la medición rigurosa de variables cuantificables y de la identificación objetiva puede presumirse como cierto. La Tabla 2-1 amplía estas diferencias, focalizándose en aquellas áreas que, tras haber efectuado la correspondiente revisión bibliográfica, considero de mayor interés.

Gran parte de la investigación llevada a cabo en las áreas de Sistemas de Información e Ingeniería del Software es de tipo cuantitativo y está basada en técnicas estadísticas, no siendo los métodos cualitativos tradicionalmente muy utilizados en las investigaciones en estas áreas [GVR02]. No ha sido hasta finales de los años 90 cuando los métodos cualitativos y en especial el de investigación-acción ha recibido la atención y aceptación por parte de la comunidad investigadora en sistemas de información y su uso ha comenzado a ser habitual [ALM+99].

Aspecto	Investigación Cualitativa	Investigación Cuantitativa
Naturaleza	Subjetiva e interpretativa	Objetiva y medible
Orientación	Exploratoria, descriptiva e inductiva	Confirmatoria, inferencial y deductiva
Ámbito	Centrada en el proceso de investigación	Centrada en el resultado (hipótesis)
Tamaño de la muestra	Pequeña	Grande
Fuente	Entrevistas, observaciones y discusiones	Experimentos formales
Comportamiento	Dinámico, contextual, social y personal	Regular y predecible
Recogida de datos	Poco estructurados	Muy estructurados
Análisis de datos	No estadístico	Estadístico
Resultados	No generalizables (particulares)	Generalizables

Tabla 2-1: Diferencias entre investigación cualitativa y cuantitativa

Ambas corrientes, la cualitativa y la cuantitativa no deben considerarse extremos opuestos o paradigmas encontrados. Más aún, la metodología cualitativa no es incompatible con la cuantitativa, y de hecho existen investigaciones que combinan ambas y cada vez con mayor frecuencia están siendo utilizadas de esta forma. Éste es además el caso del trabajo de investigación de esta tesis donde se empleará un método cualitativo, el de investigación-acción, como método conductor durante todo el ciclo de vida de la investigación, es decir, la identificación del problema, el planteamiento y refinamiento sucesivo de la solución y la experimentación no formal, y un método cuantitativo, los análisis de datos de manera estadística, para la fase de experimentación más formal.

2.1.1 Método Investigación-Acción

Existen varias definiciones para el método investigación-acción, como son:

“El proceso de recopilar de forma sistemática datos de la investigación acerca de un sistema actual en relación con algún objetivo, meta o necesidad de ese sistema; de alimentar de nuevo con esos datos al sistema; de emprender acciones por medio de variables alternativas seleccionadas dentro del sistema, basándose tanto en los datos como en las hipótesis; y de evaluar los resultados de las acciones, recopilando datos adicionales” [FB96].

“La participación de todas las partes involucradas en la investigación, examinando la situación existente (que sienten como problemática), con el objetivo de cambiarla y mejorarla” [Wad98].

De éstas definiciones se pueden deducir dos características principales y específicas de la investigación-acción: su carácter participativo y su naturaleza cíclica y de mejora

continua. Investigación-acción es una forma de investigar de carácter colaborativo que busca unir teoría y práctica entre investigadores y usuarios (o beneficiarios de la investigación) a través de un proceso cíclico donde predomina la comunicación entre ambos perfiles. La técnica investigación-acción está orientada a la producción de nuevo conocimiento útil en la práctica, que se obtiene mediante el cambio y/o búsqueda de soluciones a situaciones reales que acontecen a un grupo de usuarios [ALM+99]. Esto se consigue gracias a la intervención de un investigador en la realidad del mencionado grupo, siendo los resultados de esta experiencia beneficiosos tanto para el investigador, que podrá contrastar los resultados y las mejoras de sus acciones, como para los usuarios, que en última instancia serán beneficiarios de la mejora producida por el servicio.

Participantes

En un análisis más formal de los participantes en investigación-acción, en [Wad98] se identifican los siguientes cuatro tipos de roles en este método¹:

- *Investigador.* El individuo o grupo que lleva a cabo de forma activa el proceso investigador.
- *Objeto investigado o problema a resolver.*
- *Grupo crítico de referencia.* Aquél para quien se investiga en el sentido en que tiene un problema que necesita ser resuelto y que también participa en el proceso de investigación (aunque menos activamente que el investigador). En él puede haber tanto personas que saben que están participando en la investigación, como otras que participan sin saberlo.
- *Beneficiario.* Aquél para quien se investiga en el sentido en que puede beneficiarse del resultado de la investigación, aunque no participa directamente en el proceso. Puede ser el receptor de documentos, informes, etc. En este grupo, por ejemplo, caben tanto las empresas que se benefician de un nuevo método para resolver problemas en tecnologías de la información, como los técnicos que aplican dicha metodología. La comunidad científica en general también puede ser considerada en ocasiones como la beneficiaria de los resultados.

Fases

Un proceso de investigación que emplea investigación-acción se halla compuesto de grupos de actividades organizadas formando un ciclo característico. Así, se establecen las siguientes fases a seguir en las investigaciones que utilicen este método:

- *Planificación.* Identificar las cuestiones relevantes que guiarán la investigación; deben estar directamente relacionadas con el objeto que se está investigando y también deben ser susceptibles de encontrar una respuesta para ellas. En esta fase se buscan caminos alternativos, líneas a seguir, mejoras a realizar, etc. El

¹ En muchas ocasiones la misma persona o equipo puede desempeñar más de un rol

resultado es el conjunto de problemas o situaciones a tratar definidas claramente y las acciones a llevar a cabo planificadas.

- **Acción.** Variar la práctica de una manera cuidadosa, deliberada y controlada. Se efectúa una simulación o prueba de la solución y es cuando el investigador interviene sobre la realidad.
- **Observación.** Recoger información, tomar datos, documentar lo que ocurre. Esta información puede proceder prácticamente de cualquier fuente dependiendo de la iteración del ciclo de investigación en que se realice (bibliografía, medidas, resultados de pruebas, observaciones, entrevistas, documentos, etc.).
- **Reflexión.** Compartir y analizar los resultados con el resto de involucrados, de tal manera que se invite al planteamiento de nuevas cuestiones relevantes y se profundice en la materia que se está investigando para proporcionar conocimientos nuevos que puedan mejorar las prácticas, modificando éstas como parte del propio proceso investigador (fase de acción), para luego volver a investigar sobre estas prácticas una vez modificadas [Wad98].

Este proceso definido por investigación-acción es *iterativo y cíclico*, de forma que se va avanzando en soluciones cada vez más refinadas mediante la completitud de ciclos, en cada uno de los cuales se ponen en marcha nuevas ideas, que son puestas en práctica y comprobadas en el ciclo siguiente, tal como se muestra en la Figura 2-3. La investigación-acción es un proceso reflexivo de aprendizaje y búsqueda de soluciones. Su carácter cíclico supone volver a reevaluar o replantear las acciones o caminos a seguir ponderando diagnóstico y reflexión.

En los últimos años Investigación-Acción ha sido reconocido como uno de los métodos de investigación (cualitativa) más potentes en el ámbito de los Sistemas de Información. Ahora bien, la comunidad de especialistas ha detectado diversos problemas en su aplicación que tienen tres causas fundamentales:

- La falta de método con que los investigadores y usuarios lo utilizan y conciben.
- El contexto de consultoría utilizado, que impone una perspectiva demasiado restrictiva al implicar responsabilidades contractuales e intereses organizacionales que pueden ir en contra de lo propuesto por Investigación-Acción.
- La ausencia de un modelo de proceso de investigación definido que indique los pasos a seguir.

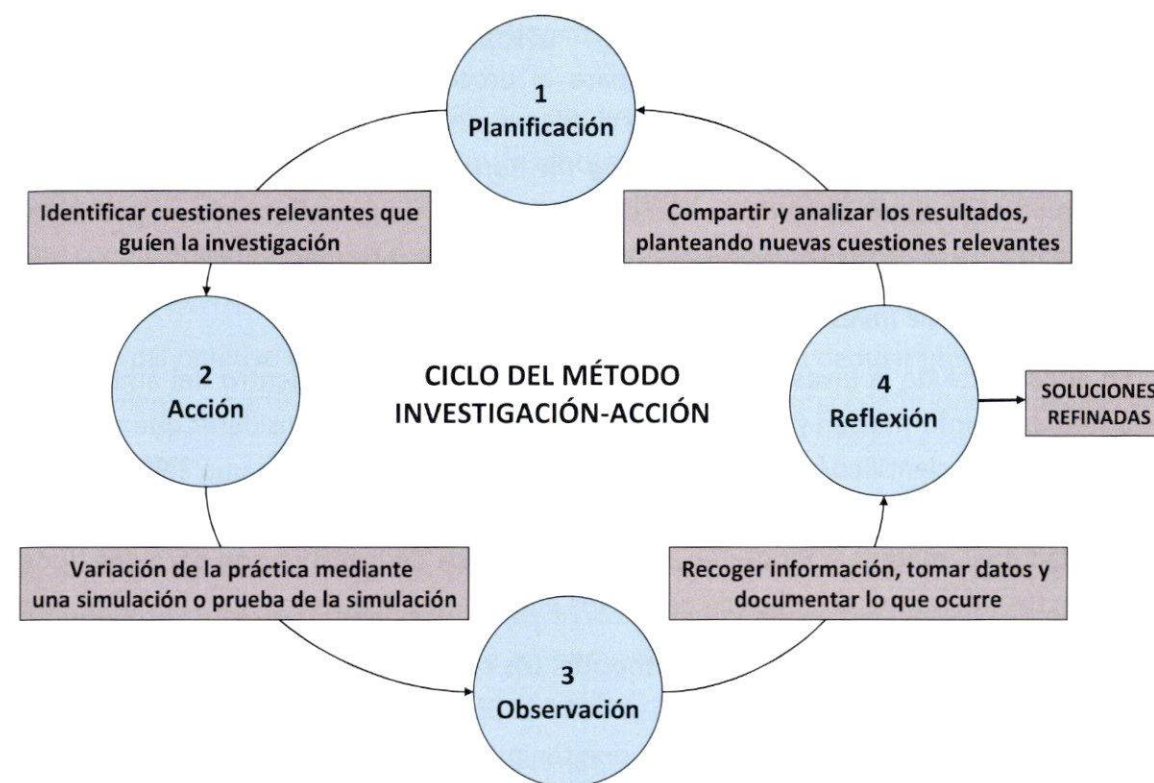


Figura 2-3: Carácter cíclico de investigación-acción

Todo lo anterior puede tener como consecuencia una falta de rigor en el proceso de investigación. Para solventar estos problemas se han propuesto, entre otras, las siguientes alternativas:

- Conducir la investigación usando una perspectiva de gestión de proyectos.
- Incluir criterios de calidad especialmente concebidos.
- Analizar los factores que inciden en la formalización del proceso, y
- Organizar el proceso con una estructura de proyecto.

Combinando estas ideas, Estay y Pastor [EP00a, EP00b] han propuesto “usar la gestión de proyectos para mejorar el rigor de los mismos, lo cual se ha traducido en generar una estructura de proyecto que contenga los principales elementos de IA-SI”. Para lograr lo anterior, estos autores plantean la necesidad de adoptar prácticas de gestión, adecuadas a Investigación-Acción para Sistemas de Información, basadas en el PMBOK (Guide to the Project Management Body of Knowledge) y el modelo de gestión de proyectos -más difundido a nivel internacional- propuesto por el Project Management Institute [Pmb00]. Para Estay y Pastor, Investigación-Acción y proyecto son conceptos equivalentes, ya que ambos son experiencias de trabajo únicas con resultados finales igualmente únicos y, además, comparten la idea de intervención, es decir, ambos suponen una alteración voluntaria de la realidad. Aunque la intervención en Investigación-Acción produce

alteraciones en una práctica de trabajo, también es una forma de obtener datos de la experiencia real que son necesarios para el proceso de investigación. Estos autores también han propuesto un modelo de madurez basado en CMM [Sei95] (*The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process*), aplicando prácticas de gestión de proyectos de forma incremental con objeto de garantizar una mejora del rigor y calidad del uso de Investigación-Acción en Sistemas de Información [EP01].

Tipos de Ciclos de Investigación y Proyectos

En el contexto de la investigación cualitativa y concretamente dentro del ámbito de los Sistemas de Información y la Ingeniería del Software se puede considerar que existen dos realidades (la científico/académica y la práctica) que interactúan la una con la otra pero que se mueven en planos diferentes. La técnica de investigación-acción opera sobre esta realidad dual, materializándose en dos tipos de ciclos de investigación para dos tipos de proyectos diferentes. Los tipos de proyectos pueden clasificarse en:

- *Proyectos de sistemas de información.* Los cuales consisten en el desarrollo de una solución informática, es decir, se trata de proyectos informáticos, de desarrollo de software, de implantación y/o mantenimiento de sistemas informáticos, etc. En este caso la técnica de investigación-acción constituye una herramienta metodológica más para el desarrollo de sistemas de información.
- *Proyectos de investigación.* Que constituyen esfuerzos intencionados buscando un resultado en forma de nuevo conocimiento. En este caso, investigación-acción nos ofrece un método de trabajo y una justificación para acercarnos a una determinada realidad con fines de probar una teoría o hipótesis.

Asimismo, pueden distinguirse dos ciclos de investigación característicos para este enfoque metodológico:

- *Ciclo orientado a construir una solución.* Donde la investigación tiene como fin la generación de nuevo conocimiento que resulte útil a los usuarios y que mejore su práctica. La investigación se utiliza en este caso para construir modelos, teorías o conocimiento de una manera informada e influida por la realidad. El investigador conecta con esta realidad a través de una intervención (o acción). En este ciclo es el interés por resolver un problema lo que origina el interés por la investigación.
- *Ciclo orientado a gestionar la investigación.* Que persigue la producción de nuevo conocimiento en el ámbito de los sistemas de información y mejorar la práctica de los investigadores. En este ciclo es el interés por la investigación el que promueve la resolución de ciertos problemas relacionados con la práctica de ésta.

2.1.2 Experimentos en Laboratorio

Los experimentos en laboratorio constituyen una técnica cuantitativa usada para comprobar el comportamiento de un determinado fenómeno bajo unas condiciones establecidas. Se llevan a cabo en un entorno artificial, creado por el investigador, y donde las condiciones pueden ser controladas (variables independientes y dependientes, selección de las muestras, los participantes, el tiempo, etc.) [SGB04, BR01, DFA+98].

Su principal objetivo es verificar una teoría o hipótesis, o bien deducir (generalizar) nuevo conocimiento a partir de una muestra particular extraída en unas condiciones específicas.

Participantes

El tipo de personas involucradas en un experimento de laboratorio depende mucho de la modalidad del mismo y de sus objetivos. En los experimentos con un carácter social, refiriéndose con este término a aquellos en los que intervienen personas como objeto de estudio (bien de su comportamiento en sí mismo o bien de los datos o resultados que éstos produzcan), pueden distinguirse dos roles:

- *Conductor.* Quien guiará el experimento, y su participación o influencia sobre los participantes podrá ser mayor o menor en función del tipo de experimento, las premisas o condiciones de partida y su objetivo.
- *Sujeto.* Son los objetivos del estudio (habitualmente los usuarios). Operarán en las condiciones establecidas por el experimento y su comportamiento y/o resultados generados serán evaluados con el fin de verificar una teoría o deducir nuevo conocimiento.

Fases

Como se ha indicado, la característica principal y diferenciadora de esta técnica es el control de las variables o condiciones en las que se llevará a cabo la prueba o experimento. Por ello, este tipo de técnica requiere un periodo en el que se lleva a cabo un minucioso proceso de preparación y control de esas variables. Podrían distinguirse por ello tres fases generales que estarán presentes en cualquier experimento: su preparación del experimento, su ejecución y el análisis de los datos y resultados.

2.2 Aplicación de Investigación-Acción en este Trabajo de Investigación

A continuación voy a indicar de forma general el método que he aplicado en esta investigación. Primero presento las fases seguidas durante la investigación para posteriormente indicar los métodos de investigación que he empleado, de qué manera, con qué propósito y en qué fases se sitúan mayoritariamente cada uno de ellos.

2.2.1 Etapas generales del método de investigación

El proceso de investigación seguido durante esta tesis puede organizarse en cinco etapas o fases (ver Figura 2-4).

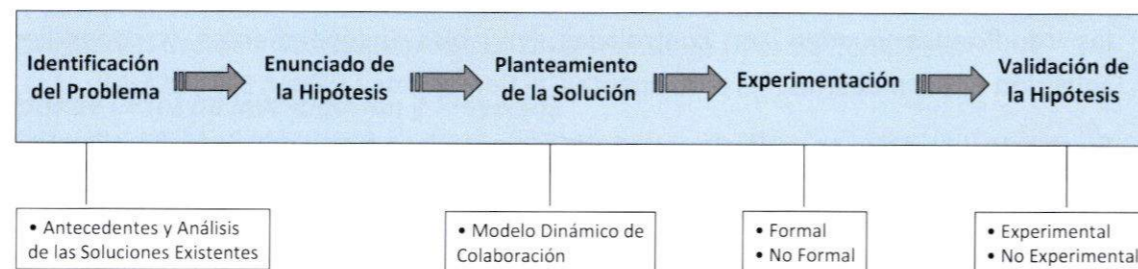


Figura 2-4: Proceso de investigación de esta tesis

Durante la etapa de identificación del problema he llevado a cabo el análisis del estado del arte con el fin de detectar algunas limitaciones, necesidades u oportunidades de mejora presentes en el área de conocimiento en la que se enmarca esta tesis y establecer el marco teórico sobre el cual basar la solución del mismo. El *enunciado de la hipótesis* constituirá el enlace de unión entre los problemas y la solución, así como el timón que guiará los pasos de la investigación hacia su objetivo.

He planteado dos modalidades de objetivos: una primera más científica y de investigación ubicada en el grupo de los proyectos de investigación, consistente en la estructura, representación, creación y evolución del modelo dinámico de colaboración, y una segunda más práctica consistente en la implementación de un proceso de comparación entre vocabularios basados en el estándar SBVR a través del desarrollo de un sistema de información con la herramienta ANTLR, que pudiera enmarcarse dentro del ámbito de los proyectos de sistemas de información.

La *experimentación*, en términos generales, ayuda a la recogida y el análisis de datos que posibilitan incrementar el conocimiento sobre el ámbito de trabajo y el refinamiento de la solución. Estos datos constituyen indicadores que permitan seguir avanzando, replantearse estrategias, objetivos, etc. así como finalmente la validación de la hipótesis planteada. En esta tesis he realizado, por un lado, una experimentación no formal (gobernada por el método de acción-investigación) y, por otro, una formal (materializada a través de experimentos en laboratorio).

2.2.2 Métodos de investigación utilizados

El método cualitativo de *investigación-acción* lo he usado como método conductor durante todo el ciclo de vida de la investigación, es decir, la identificación del problema, el planteamiento y refinamiento sucesivo de la solución y la validación cualitativa no

formal, y el método cuantitativo basado en *experimentos en laboratorio*, para la fase de experimentación más formal. En la siguiente tabla muestro una visión resumida de las fases de mi investigación y el método con una presencia más destacada.

Fases / Métodos	Investigación – Acción	Exp. en Laboratorio
Identificación del problema y enunciado de los objetivos	X	
Planteamiento de la solución : representación, estructura, creación y evolución del modelo dinámico	X	
Planteamiento de la solución : implementación de un proceso de comparación entre vocabularios SBVR a través del desarrollo de un sistema de información basado en ANTLR	X	
Experimentación : no formal	X	
Experimentación: formal		X
Validación de los objetivos	X	X

Tabla 2-2: Diferencias entre investigación cualitativa y cuantitativa

Investigación - Acción

Este método lo he empleado en todas las fases del proyecto por incluir la participación de los beneficiarios y evaluadores de la solución. Así sus opiniones y su experiencia han sido de especial relevancia en el desarrollo de la solución aportada, permitiendo su refinamiento y mejora así como en la preparación de las acciones necesarias para la experimentación.

Los ámbitos en los que queda más patente esta colaboración son: la participación en proyectos, la publicación en congresos y las pruebas de carácter interno.

- *Participación en proyectos.* Los resultados de proyectos con empresas (beneficiarios) se han materializado en el establecimiento de los requisitos así como de la validación en parte del modelo y la apertura de nuevas líneas de trabajo a ser abordadas en las siguientes iteraciones.
- *Publicación en congresos.* De una forma análoga, las valoraciones recibidas por los evaluadores de los congresos en los que he presentado parte de resultados de la investigación así como las opiniones vertidas en los foros de discusión de estos congresos han sido de gran valor.
- *Pruebas de carácter interno.* He compartido con mi grupo de trabajo los resultados obtenidos de los diversos tipos de pruebas realizados. Esto me ha permitido

obtener importantes conclusiones sobre la validez o no de los resultados y sobre las siguientes acciones a llevar a cabo en las posteriores iteraciones del proceso cíclico.

Para el método investigación-acción los tipos de roles o participantes identificados en esta tesis según los ámbitos descritos son los reflejados en la siguiente tabla.

Tipo Participante	Materialización
Investigador	El rol de investigador lo asume Iker Martínez de Soria en compañía del equipo de Tecnalía, formado por expertos de diferentes dominios de dentro del área de I+D.
Objeto investigado	La creación y evolución de un nuevo modelo de madurez orientado a la colaboración empresarial mediante la utilización del estándar SBVR para su definición y de la implementación de un proceso de comparación con la herramienta ANTLR para su evolución.
Grupo crítico de referencia	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas participantes en los proyectos de investigación vinculados a esta tesis como DATINET. • Revisores y participantes de los congresos donde se ha presentado publicaciones relacionados con este trabajo: IWEI 2011, INNOV 2010, IESA 2010 e ICE 2009. • Miembros del grupo de investigadores de Tecnalía que han participado en ciertas pruebas y revisiones.
Beneficiarios	<ul style="list-style-type: none"> • Redes de empresas que deseen implantar proyectos exitosos en colaboración • Organizaciones que desean contribuir al modelo dinámico a través de sus propias experiencias colaborativas • La comunidad científica en general, con especial énfasis en los grupos que investigan en líneas de trabajo relacionadas con las reglas de negocio o la Web semántica

Tabla 2-3: Roles o participantes en la tesis para el método investigación-acción

El cumplimiento de los roles que le corresponden a cada uno de los participantes en la investigación permitirá satisfacer los objetivos planteados en esta tesis doctoral. La Figura 2-5 ilustra las relaciones entre los diferentes participantes.

Las fases definidas en el apartado 2.2.1, establecidas dentro de un proceso cíclico y de refinamiento continuo, si las observamos desde el prisma de la presente tesis doctoral se componen de las siguientes actividades:

- *Planificación.* Conocida la problemática de los modelos de madurez orientados a la colaboración, la solución es plantear un mecanismo de creación y evolución de un modelo dinámico orientado a las características concretas de las redes empresariales que desean colaborar. Dicha solución consiste en definir una representación de los componentes para este nuevo modelo, emplear el estándar

SBVR como medio para escribir cómo se deben implantar las experiencias colaborativas del modelo y desarrollar un sistema de información con la herramienta ANTLR que compare vocabularios SBVR para que el modelo de esta tesis evolucione en función de las similitudes de las reglas de negocio que representan estas experiencias.

- *Acción.* Una vez definido mi modelo dinámico de colaboración, que incluye cómo se deben definir los vocabularios SBVR para su creación y el proceso de comparación para su evolución, lo aplico probando la solución en determinados casos de estudio enmarcados dentro de escenarios de colaboración empresariales.
- *Observación.* A partir de la propuesta y aplicación a los casos de estudio se procede a optimizar cada una de las propuestas, producto de una evaluación del trabajo realizado y su aplicación. De esta manera, se logra obtener desde una perspectiva multidisciplinar e independiente, un modelo de colaboración implementado a través del estándar SBVR que utiliza un proceso de comparación entre vocabularios SBVR para su evolución.

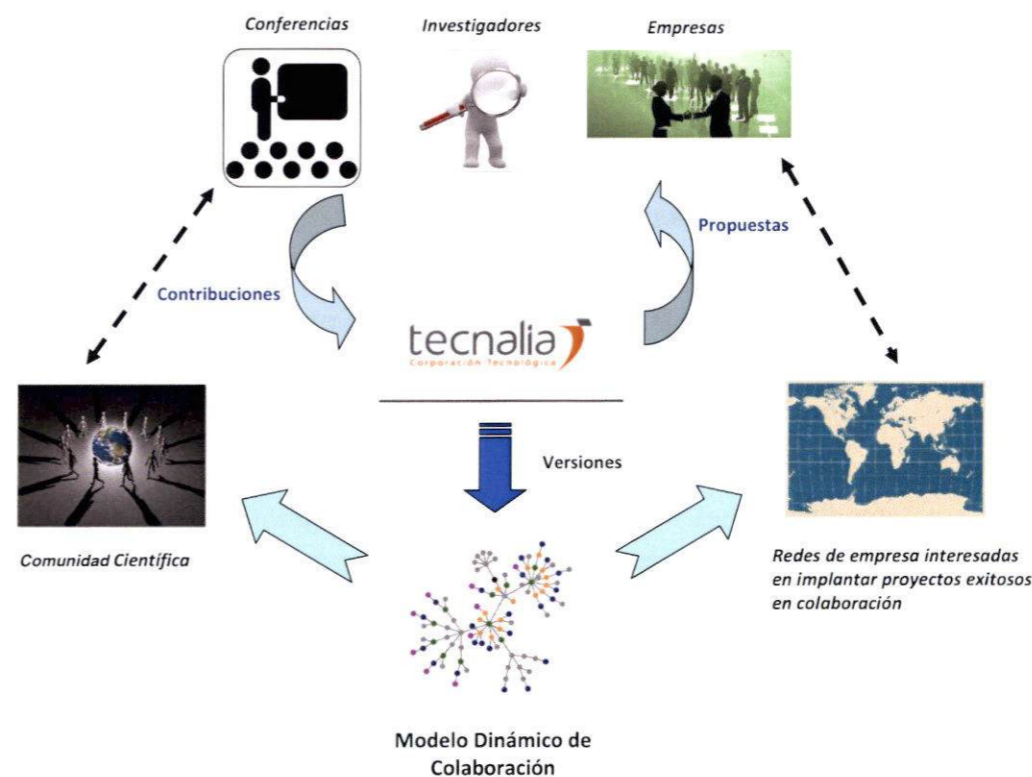


Figura 2-5: Dimensiones de uso del método de investigación-acción (ciclos y proyectos)

- *Reflexión.* Siguiendo la filosofía cíclica de la Investigación-Acción, los resultados detallados en el punto anterior no se han obtenido de una vez, sino que han sido fruto de distintas iteraciones.

Por otro lado, a la hora de compartir y difundir resultados se ha realizado a distintos niveles en función de la madurez de los mismos:

- o Por un lado, entre el doctorando y los directores de tesis.
- o Por otro, con la comunidad científica en diversos congresos: IWEI 2011, INNOV 2010, IESA 2010 e ICE 2009.
- o Y además con las empresas participantes.

Experimentos en laboratorio

Este método lo he empleado en la fase de experimentación formal y con el fin de contrastar el proceso de comparación de vocabularios SBVR cuyo desarrollo es uno de los objetivos de la tesis. Los pasos seguidos son los siguientes:

- *Preparación del experimento.* He definido un conjunto de partida formado por vocabularios SBVR correspondientes a los Niveles 2 de ECMM y CMMI, y seleccionado una parte significativa de los mismos como muestra.
- *Ejecución.* He realizado la comparación entre los dos vocabularios en un entorno de desarrollo utilizando la herramienta aportada en esta tesis.
- *Análisis de los datos.*
 - o *Análisis Preliminar.* En primer lugar he analizado mediante figuras estadísticas los rangos porcentuales obtenidos durante la fase de ejecución.
 - o *Extrapolación de los Resultados al Conjunto de Partida y Detección de Desfases.*
 - o *Análisis Final.* Analizo los nuevos rangos porcentuales y realizo modificaciones necesarias en los valores y puntuaciones establecidos en las formulas algebraicas dentro de un proceso iterativo con la *Fase de Ejecución.*

Capítulo 3: Antecedentes y Análisis de las Soluciones Existentes

En este capítulo describo y analizo las tecnologías involucradas en esta tesis, definiendo el marco global de soluciones en torno al cual se planteará el trabajo de esta investigación.

En la primera sección describo los modelos de madurez orientados a la colaboración e interoperabilidad más representativos del estado del arte, terminando con una comparativa que visualiza los diferentes sectores en los que se aplican así como los responsables de su definición.

A continuación, dedico una sección al análisis de los lenguajes existentes para la especificación de reglas de negocio, algo imprescindible, dado que uno de los objetivos planteados es la definición de modelos de colaboración a través de reglas de negocio.

Finalmente, abordo en la última sección los generadores de analizadores léxicos, sintácticos y semánticos que contribuyen a procesar las reglas de negocio.

3.1 Modelos de Madurez

El término modelo de madurez fue popularizado por el SEI (Software Engineering Institute) cuando desarrollaron el denominado Capability Maturity Model® en 1986. Estos modelos tienen como objetivo, por un lado, evaluar y medir los procesos implantados en las organizaciones y, por otro lado, identificar buenas prácticas que ayuden a incrementar la madurez de dichos procesos. Un modelo de madurez proporciona:

- Una situación para emprender el camino de mejora
- El beneficio de experiencias exitosas previas en una comunidad
- Un lenguaje común y una visión compartida
- Un marco de trabajo para priorizar acciones

En los siguientes apartados describo los modelos de madurez que he considerado más importantes dentro de la extensa bibliografía y terminaré esta sección con un agrupamiento general de todos ellos en función de las áreas donde mayormente se aplican. Tanto la diversidad sectorial como su grado de implantación en el mercado son los factores que me han conducido a seleccionar éstos modelos de madurez en lugar de otros.

El análisis del modelo CMM es más extenso que en el resto de los modelos puesto que fue el primero que se publicó y acuñó el término modelo de madurez. Por lo tanto, su descripción más precisa establece las bases para comprender mejor el estado del arte.

3.1.1 Capability Maturity Model (CMM)

El Modelo de Madurez de Capacidades o CMM (Capability Maturity Model), es un modelo de evaluación de los procesos de una organización, desarrollado por el SEI (centro de investigación y desarrollo gestionado por la Universidad Carnegie-Mellon) a requerimiento del Gobierno Federal de los Estados Unidos de América (en particular del Departamento de Defensa, DoD) [Sei95]. La primera versión del modelo se publicó en 1987 y evolucionó posteriormente al modelo CMM o SW-CMM (CMM for Software) cuya última versión se publicó en febrero de 1993.

Este modelo establece un conjunto de prácticas o procesos agrupados en Áreas Clave de Proceso (KPA - Key Process Area), para cada área de proceso define un conjunto de buenas prácticas. Estas áreas deben ser:

- Definidas en un procedimiento documentado
- Provistas (la organización) de los medios y formación necesarios
- Ejecutadas de un modo sistemático, universal y uniforme (institucionalizadas)
- Medidas
- Verificadas

A su vez estas Áreas de Proceso se agrupan en cinco "niveles de madurez", de modo que una organización que tenga institucionalizadas todas las prácticas incluidas en un nivel y sus inferiores, se considera que ha alcanzado ese nivel de madurez. Dichos niveles son:

1 - Inicial. Las organizaciones no disponen de un ambiente estable para el desarrollo y mantenimiento de software. Aunque se utilicen técnicas correctas de ingeniería, los esfuerzos se ven minados por falta de planificación. El éxito de los proyectos se basa la mayoría de las veces en el esfuerzo personal, aunque a menudo se producen fracasos y casi siempre retrasos y sobrecostos. El resultado de los proyectos es impredecible.

2 - Repetible. Las organizaciones disponen de unas prácticas institucionalizadas de gestión de proyectos, existen unas métricas básicas y un razonable seguimiento de la calidad. La relación con subcontratistas y clientes está gestionada sistemáticamente.

3 - Definido. Además de una buena gestión de proyectos, a este nivel las organizaciones disponen de correctos procedimientos de coordinación entre grupos, formación del personal, técnicas de ingeniería más detallada y un nivel más avanzado de métricas en los procesos.

4 - Gestionado. Se caracteriza porque las organizaciones disponen de un conjunto de métricas significativas de calidad y productividad, que se usan de modo sistemático para la toma de decisiones y la gestión de riesgos. El software resultante es de alta calidad.

5 - Optimizado. La organización completa está volcada en la mejora continua de los procesos. Se hace uso intensivo de las métricas y se gestiona el proceso de innovación.

El modelo CMM establece una medida del progreso conforme al avance en niveles de madurez. Cada nivel a su vez cuenta con un número de áreas de proceso que deben lograrse. El alcanzar estas áreas o estadios se detecta mediante la satisfacción o insatisfacción de varias metas claras y cuantificables.

Cada KPA identifica un conjunto de actividades y prácticas interrelacionadas, las cuales cuando son realizadas en forma colectiva permiten alcanzar las metas fundamentales del proceso.

Las prácticas que deben ser realizadas por cada KPA están organizadas en 5 Características Comunes, las cuales constituyen propiedades que indican si la implementación y la institucionalización de un proceso clave es efectivo, repetible y duradero. Estas 5 características son:

- 1 - Compromiso de la realización
- 2 - La capacidad de realización
- 3 - Las actividades realizadas
- 4 - Las mediciones y el análisis
- 5 - La verificación de la implementación

Además, las KPAs pueden clasificarse en 3 tipos de proceso: Gestión, Organizacional e Ingeniería.

Normalmente una organización dedica unos 18 meses para progresar un nivel, aunque algunas consiguen mejorarlo. En cualquier caso requiere un amplio esfuerzo y un compromiso intenso de la dirección.

Como consecuencia, muchas organizaciones que realizan funciones de factoría de software o, en general, outsourcing de procesos de software, adoptan el modelo CMM y se certifican en alguno de sus niveles. Esto explica que uno de los países en el que existan más organizaciones certificadas sea India, donde han florecido las factorías de software que trabajan para clientes estadounidenses y europeos.

3.1.2 Levels of Information Systems Interoperability (LISI)

El denominado modelo de referencia LISI (Levels of Information System Interoperability), LRM (LISI Referente Model) [Awg98], establece una forma de trabajar y un proceso para definir, evaluar, medir y certificar sistemas de información interoperables en un entorno común. Su objetivo se centra en incrementar los niveles de sofisticación en la interacción entre sistemas y proporciona una representación aceptable de la interoperabilidad de

sistemas, incluyendo un vocabulario común que facilita acuerdos estándar para facilitar la interoperabilidad.

Este modelo puede verse como una estructura en forma de matriz donde se define la interoperabilidad en base a 5 niveles que describen sus necesidades en términos de 4 atributos: procedimientos, aplicaciones, infraestructura y datos. Es lo que se conoce como el paradigma PAID (Procedures, Application, Infrastructure, Data).

El uso de niveles proporciona una disciplina para describir las medidas necesarias a considerar el intercambio de información: ¿qué información intercambiar? ¿de qué modo? ¿entre quiénes? ¿cuándo? determina las capacidades de interconexión e interoperabilidad entre las interacciones de sistemas.

3.1.3 Capability Maturity Model Integration (CMMI)

CMMI o *Integración de Modelos de Madurez de Capacidades* es un modelo para la mejora y evaluación de procesos para el desarrollo, mantenimiento y operación de sistemas de software.

Las mejores prácticas CMMI se publican en documentos llamados modelos y en la actualidad hay tres áreas de interés:

- CMMI para el desarrollo (CMMI-DEV o CMMI for Development), la versión 1.3 fue liberada en Noviembre del 2010. En él se tratan procesos de desarrollo de productos y servicios [Car10a].
- CMMI para la adquisición (CMMI-ACQ o CMMI for Acquisition), la versión 1.3 fue liberada en noviembre de 2010. En él se tratan la gestión de la cadena de suministro, adquisición y la contratación externa en los procesos del gobierno y la industria [Car10b].
- CMMI para servicios (CMMI-SVC o CMMI for Services), está diseñado para cubrir todas las actividades que requieren gestionar, establecer y entregar Servicios [Car10c].

Las prácticas CMMI deben adaptarse a cada organización en función de sus objetivos de negocio. Este aspecto es muy importante ya que no es lo mismo implantar CMMI-DEV en una PYME; la implantación de las prácticas debe adecuarse a las características y especificidades de las organizaciones para que verdaderamente supongan una mejora de los procesos.

Tal y como se puede preveer, las organizaciones valoran medir su progreso llevando a cabo una evaluación y ganando una clasificación del nivel de madurez o de un nivel de capacidad.

3.1.4 Organizational Interoperability Maturity Model (OIMM)

En el modelo de madurez de interoperabilidad organizacional (OIMM) definido por Clark y Jones [CT99] se describen las etapas por las que los sistemas, los procesos o las organizaciones progresan o evolucionan de acuerdo a cómo están definidas, construidas o mejoradas. El concepto de nivel es intrínseco a este modelo y se utiliza para caracterizar el estado de un sistema o de una organización. Los niveles son: unificado, combinado, en colaboración, a medida e independiente, y sus autores recomiendan que estén ligados a las descripciones del modelo LISI (ver Tabla 3-1).

Descripción OIMM	Descripción LISI	Medio LISI
Unificado	Empresa	Universal
Combinado	Dominio	Integrado
Colaborativo	Funcional	Distribuido
A medida	Conectado	Uno a uno
Independiente	Desacoplado	Manual

Tabla 3-1: Relación OIMM y LISI

3.1.5 Enterprise Interoperability Maturity Model (EIMM)

El modelo de madurez de la interoperabilidad empresarial (EIMM) [Ath07] se usa para detectar procesos de colaboración dentro de la organización. Este modelo define seis áreas de interés en la evaluación: estrategia de negocio y procesos, organización y competencias, productos y servicios, sistemas y tecnología, entorno de seguridad y confianza, y por último, modelos empresariales, con una escala de madurez de cinco niveles: alcanzado, modelado, integrado, interoperable y mejorable.

3.1.6 Government Interoperability Maturity Matrix (GIMM)

La matriz de madurez para la interoperabilidad en el gobierno (GIMM) [PCS08] proporciona a organizaciones del sector público un método de autoevaluación que valora el estado actual de las administraciones en relación a la interoperabilidad del eGobierno y los pasos necesarios que deben ser tomados para mejorar su posicionamiento respecto a la implementación de sistemas y servicios que se proveen a ciudadanos y empresas. En general, este modelo amplía los tres tipos de interoperabilidad considerados en el Framework de Interoperabilidad Europea (EIF – European Interoperability Framework) identificando un conjunto de atributos de interoperabilidad que servirán para evaluar el estado en el que se encuentra cada organización.

3.1.7 Collaboration Engineering Maturity Model (CEMM)

A diferencia de los modelos que anteriormente he citado, los cuales se definen para la interoperabilidad empresarial, éste se focaliza en aspectos de colaboración a nivel organizacional [SKG06]. De este modo, el modelo de madurez para la colaboración en ingeniería (CEMM) deriva del conocido modelo SPICE (Software Process Improvement and Capability Determination) y se basa en el reporte técnico número 15504 de la ISO/IEC (International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission) para evaluar el alcance de las colaboraciones en el ámbito de la ingeniería. La arquitectura de este modelo de referencia se basa en dos dimensiones: la primera dimensión, representada mediante el eje X, incluye las fases del alcance de la colaboración y cada una de estas fases se caracteriza por un conjunto de afirmaciones que sirven como objetivos medibles o hitos de proyecto; la segunda dimensión, representada mediante el eje Y, indica los niveles de madurez que se corresponden con cada fase del alcance del proyecto: provisional (Nivel 1), gestionado (Nivel 2), predecible (Nivel 3) y optimizado (Nivel 4).

3.1.8 Information Technology Investment Management (ITIM)

La gestión de la inversión en tecnologías de la información (ITIM) define un proceso de gestión para la identificación (pre-selección), selección, control y evaluación de las tecnologías de la información a lo largo del ciclo de vida de inversión [Gao04]. Al igual que los modelos de madurez que he mencionado en los puntos anteriores, ITIM define cinco niveles de madurez: crear consciencia de la inversión (Nivel 1), construir las bases de la inversión (Nivel 2), desarrollar un “portfolio” completo de inversión (Nivel 3), mejorar el proceso de inversión (Nivel 4) e influenciar en las tecnologías de la información para obtener resultados estratégicos (Nivel 5).

3.1.9 IT-Enabled Collaborative Network Organizations (ICoNOs) Maturity Model (MM)

El modelo de madurez ICoNOs tiene como objetivo dirigir los procesos para alcanzar un alineamiento entre negocio y tecnologías de la información en organizaciones que trabajan en una red colaborativa [San09]. Para lograr este objetivo, este modelo de madurez contempla cuatro dominios básicos: arquitectura del proceso, arquitectura del sistema de información, estructura de partners y coordinación, además de cinco niveles de madurez: incompleto (Nivel 1), desacoplado (Nivel 2), estandarizado (Nivel 3), cuantitativamente gestionado (Nivel 4) y optimizado (Nivel 5).

3.1.10 Enterprise Collaboration Maturity Model (ECMM)

Otro modelo de madurez orientado a la colaboración empresarial es el ECMM, surgido del proyecto [Coi11] y en el cual he estado participando durante los años 2009, 2010 y 2011 [MAO+09, AMO+10, ML10, MLE11]. Este modelo es una evolución del modelo de madurez EIMM. Mientras EIMM solo se centra en los aspectos de interoperabilidad empresarial, ECMM aglutina tanto la interoperabilidad como la colaboración empresarial a través de siete dominios: gestión de producto y proyecto, estrategia y procesos de negocio, cliente, entornos legales y confianza, organización, sistemas y tecnología e innovación. Además, este modelo define cuatro niveles de madurez: actuado (Nivel 1), gestionado (Nivel 2), estandarizado (Nivel 3) e innovado (Nivel 4), los cuales agrupan un conjunto de 23 áreas de proceso repartidas a través de los dominios mencionados dando lugar a un modelo de dos dimensiones (Dominio-Nivel de madurez).

3.1.11 Comparación de los Modelos de Madurez

A continuación presento una comparación sobre los modelos de madurez analizados, que muestra la diversidad de sectores además de su origen (ver Tabla 3-2).

Sector o disciplina	Modelo	Año
Desarrollo de Software e Ingeniería de Sistemas	Capability Maturity Model (CMM), Carnegie Mellon	1986
	Levels of Information Systems Interoperability (LISI), Carnegie Mellon	1998
	Capability Maturity Model Integration (CMMI), Carnegie Mellon	2000
Defensa	Organizational Interoperability Maturity Model for C2(OIMM), Australian Defence Science and Technology Organization	1999 y revisado en 2003
Servicios de Gobierno	IT Investment Management Framework (ITIM), U.S. Government Accountability Office's (GAO)	2004
	Interoperability Maturity Model (EIMM), European Union (ATHENA)	2005
Ingeniería	Government Interoperability Maturity Matrix (GIMM), Sarantis, Charalabidis, and Psarras	2008
	Collaboration Engineering Maturity Model (CEMM), Eric Santanen, Gwendolyn Kofschoten, Kasturi Golla	2006
Redes de Colaboración	IT-Enabled Collaborative Network Organizations (ICoNOs) Maturity Model (MM), Roberto Santana Tapia	2009
	Enterprise Collaboration Maturity Model (ECMM), European Union (COIN)	2011

Tabla 3-2: Comparación Sectorial de los Modelos de Madurez

En la siguiente tabla muestro los niveles de madurez que ofrecen dichos modelos. Como se puede observar, salvo ITIM, todos siguen un esquema muy parecido: el Nivel 1 sería el estado de partida de las organizaciones; el Nivel 2 se focaliza en la gestión común; el Nivel 3 se centra en la estandarización; el Nivel 4 establece elementos de cuantificación o integración y finalmente el Nivel 5 busca la optimización o unificación.

Modelo	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
CMM	Inicial	Repetible	Definido	Gestionado	Optimizado
CMMI	Iniciado	Gestionado	Definido	Cuantitativamente Gestionado	Optimizado
ITIM	Crear conciencia de la inversión	Construir las bases de la inversión	Desarrollar un portfolio completo de inversión	Mejorar el proceso de inversión	Influenciar en las tecnologías de la información para resultados estratégicos
LISI	Aislado	Conectado	Funcional	Dominio	Empresa
OIMM	Independiente	Cooperativo	Colaborativo	Combinado	Unificado
EIMM	Alcanzado	Modelado	Integrado	Interoperable	Optimizado
GIMM	Independiente	Ad hoc	Colaborativo	Integrado	Unificado
CEMM	Provisional	Gestionado	Predecible	Optimizado	-
ICoNOs	Incompleto	Desacoplado	Estandarizado	Cuantitativamente Gestionado	Optimizado
ECMM	Actuado	Gestionado	Estandarizado	Innovado	

Tabla 3-3: Correspondencia entre Niveles de los Modelos de Madurez

3.2 Lenguajes de Representación de Reglas de Negocio

Las reglas de negocio son esenciales para el funcionamiento de las empresas y deben administrarse como un activo independiente de la organización [Ros11]. Definen los términos y establecen las políticas centrales del negocio. Controlan o influyen en el comportamiento de la organización ya que establecen qué es posible y deseable en la administración de una empresa, y qué no lo es.

La variedad de lenguajes de representación de reglas de negocio ha conducido a diversos esfuerzos de estandarización principalmente con el objetivo de proporcionar un lenguaje común para cualquier motor de reglas. Una de las iniciativas pioneras en este sentido tuvo como protagonista a la empresa IBM a través de *CommonRules*, donde se comenzó a definir una plataforma para aplicaciones basadas en reglas que independizara, hasta cierto punto, la lógica de negocio de los datos, intentando además, la interoperabilidad entre las reglas.

Posteriormente surgieron lenguajes que sucedieron a *CommonRules* como el Business Rule Markup Language (BRML) [Brm00] y la iniciativa *Simple Rule Markup Language* (SRML) [TK01] liderada por ILOG, que también busca definir un lenguaje común para motores de reglas con algoritmos de encadenamiento hacia delante y que ha ido evolucionando con otras propuestas de estandarización iniciadas por el consorcio W3C.

En los siguientes apartados analizo los distintos estándares existentes para representar e intercambiar de reglas de negocio.

3.2.1 Business Rules Markup Language (BRML)

El lenguaje de marcado para reglas de negocio (BRML) fue creado por la compañía IBM y se basó en otro proyecto de la propia empresa, el cual se desarrolló durante los años 1999 (versión 1.0) a 2002 (versión 3.3) denominado *CommonRules*, pero que no ha tenido continuidad desde entonces. Básicamente, BRML propone una forma de modelizar reglas de negocio a través de XML bajo entornos Web con la perspectiva de aplicarse en el comercio a través de Internet (eCommerce) aunque inicialmente fue desarrollado como un formato para escribir facturas u otros documentos de negocio.

3.2.2 Simple Rule Markup Language (SRML)

El lenguaje de marcado para reglas simples (SRML) describe un lenguaje genérico de reglas que consiste en un subconjunto de constructores de lenguaje comunes a los motores de reglas con encadenamiento hacia adelante. Debido a que SRML no emplea lenguajes propietarios de fabricantes, las reglas definidas a través de esta definición de tipo de documento o DTD pueden fácilmente ser traducidas y ejecutadas conforme a cualquier motor de reglas, siendo muy útil para el intercambio de lenguajes entre motores de reglas Java. El conjunto de reglas es el elemento raíz del documento XML de SRML y consiste en una lista de las reglas que tienen una parte de condición y otra parte de acción teniendo en cuenta que la parte de condición debe tener al menos una condición. Las condiciones se componen de expresiones de prueba y pueden ser condiciones simples o negadas. Además, las condiciones simples pueden ser empleadas conjuntamente con las variables mientras que no se permite realizarlo con las condiciones de negación. Finalmente, la parte de acción de una regla está compuesta de acciones, las cuales pueden ser declaraciones y nombramiento de variables, al igual que las tradicionales afirmaciones, negaciones y modificaciones de los lenguajes de reglas.

3.2.3 Rule Markup Language (RuleML)

RuleML fue una iniciativa que comenzó en el año 2000 con el objetivo de proporcionar un estándar de lenguaje de reglas y una plataforma de interoperabilidad que permitiera la integración de diversas reglas de negocio, sistemas deductivos y paradigmas de

representación de conocimiento. Este lenguaje ha conseguido una gran aceptación en la comunidad industrial, académica y de estandarización como por ejemplo el W3C y SWSI/WSMO ya que se ha convertido en un estándar de *facto* para el intercambio de reglas de negocio y ha servido incluso como base para otros estándares como RIF. Por este motivo, una de las misiones de esta iniciativa es actuar como una organización neutral de tal manera que las empresas se sientan atraídas a la Web Semántica y se proporcionen enlaces con diferentes esfuerzos de las distintas comunidades. Precisamente, la posición de RuleML en relación a la colaboración con otros estándares, le proporciona la habilidad de escalar su familia de sublenguajes (que tienen como base XML, RDF, XSLT y OWL), para alcanzar las necesidades de otros esfuerzos de estandarización, como por ejemplo: personalización y dispositivos móviles, conocimiento y gestión de flujos, además de privacidad, seguridad y políticas de confianza. En este sentido, el principal sublenguaje en RuleML se denomina Kernel Datalog.

Kernel Datalog

El sublenguaje Datalog basado en la lógica de Horn constituye el núcleo central de RuleML [BDG+05]. Datalog (Database Logic) es un lenguaje lógico -la forma más simple de lógica desarrollada para el modelo relacional- y se construye a partir de la intersección de los lenguajes SQL y Prolog. Datalog es similar en su sintaxis pero su semántica operacional es diferente y puede ser considerado como un subconjunto de la programación lógica necesaria para representar la información de bases de datos relacionales libres de valores nulos, incluyendo vistas recursivas. En este sentido, se distinguen:

- Datalog sin recursión. Tiene el mismo poder expresivo que el álgebra relacional.
- Datalog recursivo. Permite expresar consultas que no se pueden satisfacer en SQL2.

RuleML Datalog es un lenguaje de marcado y puede representar información relacional allí donde todos los atributos son frases en lenguaje natural.

3.2.4 Semantic Web Rules Language (SWRL)

El W3C ha definido un lenguaje para la definición de reglas orientado a la Web Semántica denominado *Semantic Web Rule Language* (SWRL) [HPB+03]. Este lenguaje se basa en la combinación de los sublenguajes OWL DL (*Description Logic*) y OWL Lite provenientes del lenguaje para ontologías Web OWL con RuleML. SWRL incluye una sintaxis abstracta de alto nivel para reglas de tipo Horn de OWL. De esta forma, permite combinar reglas de este tipo con una base de conocimiento en OWL, lo que constituye una de las fortalezas de éste lenguaje. Por el contrario, su principal debilidad se encuentra en la lejanía respecto a los lenguajes de representación que emplean motores de reglas. Actualmente esta iniciativa está siendo sustituida por el lenguaje *Rules Interchange Format* (RIF), también del W3C, pero mucho más relacionada con los motores de reglas.

Las reglas propuestas están compuestas por una implicación entre un antecedente (cuerpo) y un consecuente (cabecera), que se interpretan de la forma siguiente: si las condiciones especificadas en el antecedente se cumplen, entonces las condiciones indicadas en el consecuente deben también verificarse. Tanto el antecedente como el consecuente están compuestos por uno o más átomos. Un antecedente vacío implica verdad absoluta (true), de manera que el consecuente debe satisfacerse también para cualquier interpretación. Un consecuente vacío implica la falsedad del antecedente (false), de forma que el antecedente tampoco debe satisfacerse para ninguna interpretación. Si hay múltiples átomos, éstos se toman como una conjunción. Conviene destacar que las reglas con consecuentes pueden transformarse fácilmente en múltiples reglas cada una de ellas con un consecuente atómico.

Los átomos de las reglas pueden ser de la forma: $C(x)$, $P(x,y)$, $\text{sameAs}(x,y)$ o $\text{differentFrom}(x,y)$ donde C es una descripción en OWL, P es una propiedad en OWL, y “ x ” e “ y ” son también variables individuales de OWL o valores de datos en OWL.

La sintaxis utiliza una notación similar a EBNF:

- Las alternativas son separadas por una barra vertical (|) o escritas en diferentes reglas.
- Los componentes que pueden ocurrir **al menos una vez** están entre corchetes ([...]).
- Los componentes que pueden ocurrir **n veces** entre llaves ({...}).
- Los espacios en blanco son ignorados.

Además de la sintaxis abstracta definida en SWRL, también se emplea una representación simple de las reglas que facilita su interpretación para situaciones en las que son personas y no máquinas quienes deben interpretar las reglas.

3.2.5 Rules Interchange Format (RIF)

RIF es un lenguaje para representación de reglas de negocio definido por un grupo de trabajo específico del consorcio W3C. El objetivo de este grupo de trabajo consiste en definir los estándares necesarios para asegurar la interoperabilidad entre tecnologías basadas en reglas y promover el desarrollo de aplicaciones inteligentes fundamentadas en reglas para la Web Semántica. El grupo incluye expertos representativos de la industria, ámbito académico y laboratorios de investigación de tal manera que el estándar RIF está descrito por un conjunto de documentos, cada uno dedicado a un aspecto diferente y dirigido a una audiencia diferente (ver Figura 3-1):

- RIF-FLD (Framework Logic Dialects), contiene los siguientes componentes:
 - *Syntactic Framework*. Este Framework define los mecanismos para especificar la presentación formal sintáctica de los dialectos de RIF. La

representación sintáctica se emplea en RIF para definir la semántica de los dialectos y para ilustrar las principales ideas con ejemplos.

- *Semantic Framework*. Este Framework describe los mecanismos que se utilizan para especificar los modelos de los dialectos basados en la lógica de RIF.
- *XML serialization Framework*. Este Framework define los principios generales que los dialectos deben seguir para especificar la sintaxis concreta basada en XML.
- RIF-RDF+OWL (RIF RDF and OWL Compatibility), documento que especifica la relación entre RIF y los lenguaje de datos y ontologías denominados RDF, RDFS y OWL.
- RIF-DTB (Data Types and Builtins) donde se describen los tipos de datos, funciones predefinidas y predicados permitidos en el lenguaje RIF.
- RIF-BLD (Basic Logic Dialect), documento que describe un formato básico de intercambio que permite el intercambio de reglas lógicas.
- RIF-PRD (Production Rules Dialect), documento que define el dialecto para representar reglas de producción en RIF con el objetivo de permitir el intercambio entre sistemas.
- RIF-UCR (Use Case Requirements) donde se describen los casos de uso y requisitos exigidos a RIF.

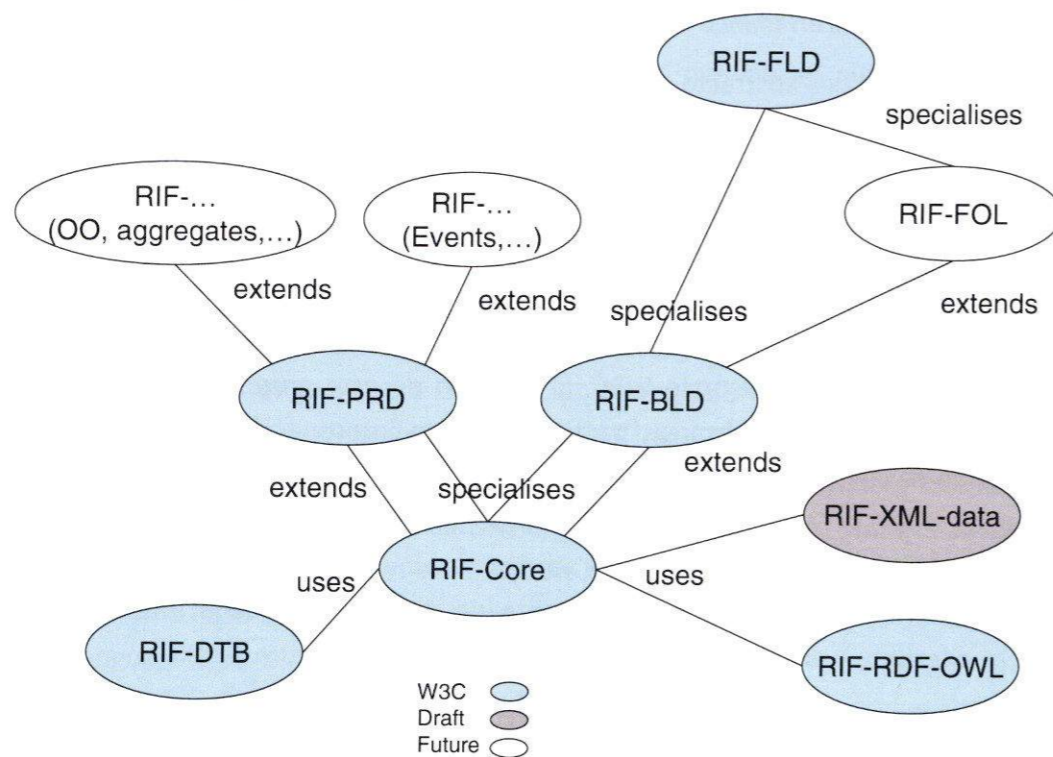


Figura 3-1: Documentos RIF

Un dialecto RIF es un lenguaje de reglas con una sintaxis XML y una semántica bien definida (Figura 3-2). Un dialecto D1 puede heredar de un dialecto D2 si la sintaxis del D1 es un superconjunto de la sintaxis de D2, y los dialectos son semánticamente compatibles. La siguiente figura ilustra el ejemplo.

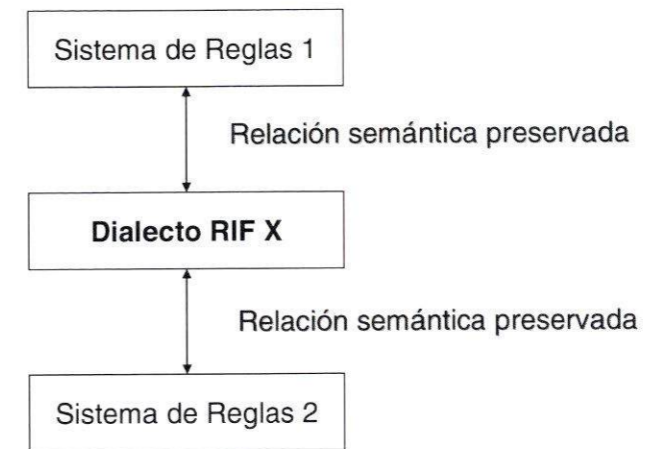


Figura 3-2: Dialecto RIF

Imaginemos en una familia de dialectos RIF, un sistema de reglas **A**, puede intercambiar su conjunto de reglas nativas *R* con un sistema **B** si hay un dialecto RIF, **D**, de tal manera que **A** pueda mapear *R* a un conjunto de reglas en **D**, *RD*, de un modo semántico que se preserve, y **B** pueda mapear *RD* a su conjunto de reglas nativo *S*, preservando de igual manera la relación semántica. El punto clave es que tanto la sintaxis como la semántica del dialecto RIF, esto es **D**, será estandarizado y para que los sistemas **A** y **B** cumplan con RIF deben "implementar" uno o más dialectos. Un sistema de reglas implementa un dialecto si el lenguaje nativo del sistema es una variante sintáctica del lenguaje del dialecto con posibles extensiones. Por lo tanto, si **A** y **B** implementan **D** quiere decir que se preservan las relaciones semánticas desde **D** a algunos subconjuntos de lenguajes de **A** y **B**, y viceversa. La existencia de estos mapeos permite el intercambio de reglas entre **A** y **B**, si las reglas se encuentran dentro del anterior subconjunto de los dos sistemas. De este modo y con el objetivo de asegurar el máximo grado de coherencia entre varios dialectos, RIF define algunos de los Frameworks que he analizado al inicio de este apartado.

3.2.6 Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR)

El estándar SBVR fue adoptado por la OMG (Object Management Group) [Sbv08] para definir el vocabulario y las reglas para documentar la semántica del vocabulario del negocio de la empresa, hechos (*facts*) del negocio empresarial y reglas de negocio al igual que un esquema XMI para el intercambio de reglas y vocabulario de negocio entre organizaciones y herramientas software. Es decir, tiene un componente importante

relativo al lenguaje natural que define las formas lógicas de expresarse pero también se focaliza en una representación orientada la comunicación entre sistemas. Además, este estándar es una parte integral del Model Driven Architecture (MDA) de la OMG por lo que también está relacionado con metamodelos (Figura 3-3).

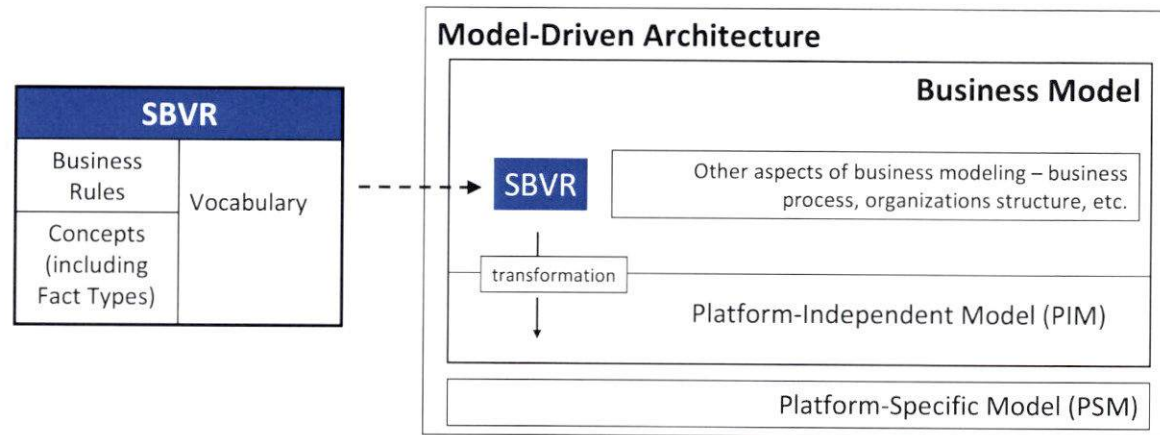


Figura 3-3: Relación de SBVR con MDA [Sbv08]

En la arquitectura MDA, los sistemas de información se especifican empleando los modelos independientes de la plataforma (PIM) y los específicos de la plataforma (PSM), entre los que debe existir una correspondencia. Esta información entre modelos queda fuera del ámbito de SBVR. No obstante, la OMG vela para que los metamodelos para los diferentes aspectos del modelo de negocio constituyan un todo coherente. Básicamente, SBVR es un conjunto de sub-vocabularios cada uno de los cuales consta de un conjunto de entradas terminológicas. Cada entrada incluye una definición junto a otras especificaciones como notas y ejemplos. La secuencia de estos vocabularios refleja un orden lógico inherente al tema en estudio construyendo nuevos vocabularios a partir de los definidos previamente. Este estándar define cuatro tipos de fuentes con un significado formal:

term Utilizada para designar un sujeto que forma parte de un vocabulario definido. Este estilo es usado en los lugares donde el término es definido o utilizado. El término se describe en singular y utilizando letras minúsculas. Por ejemplo: hecho.

Name Designa un nombre, un concepto individual. Este estilo es usado donde el nombre es definido o usado. Normalmente se comienza con letra mayúscula y contempla también el uso de números. Por ejemplo.: Medellin y 12.

verb Utilizado para la designación de tipos de hechos. Normalmente se utilizan verbos, preposiciones o combinaciones de ellos. Por ejemplo.: renta es garantizada por tarjeta de crédito.

keyword Denota símbolos lingüísticos utilizados para construir sentencias. Se pueden utilizar comillas simples para mencionar un concepto y dobles para otras ocasiones, como por ejemplo: citas. Otros símbolos de puntuación como paréntesis, puntos y comas, encajan en esta categoría cuando son parte de una expresión formal. Por ejemplo: "El concepto 'cuantificación' es una categoría de el concepto 'formulación lógica'".

La siguiente figura muestra la representación de vocabularios y reglas en SBVR.

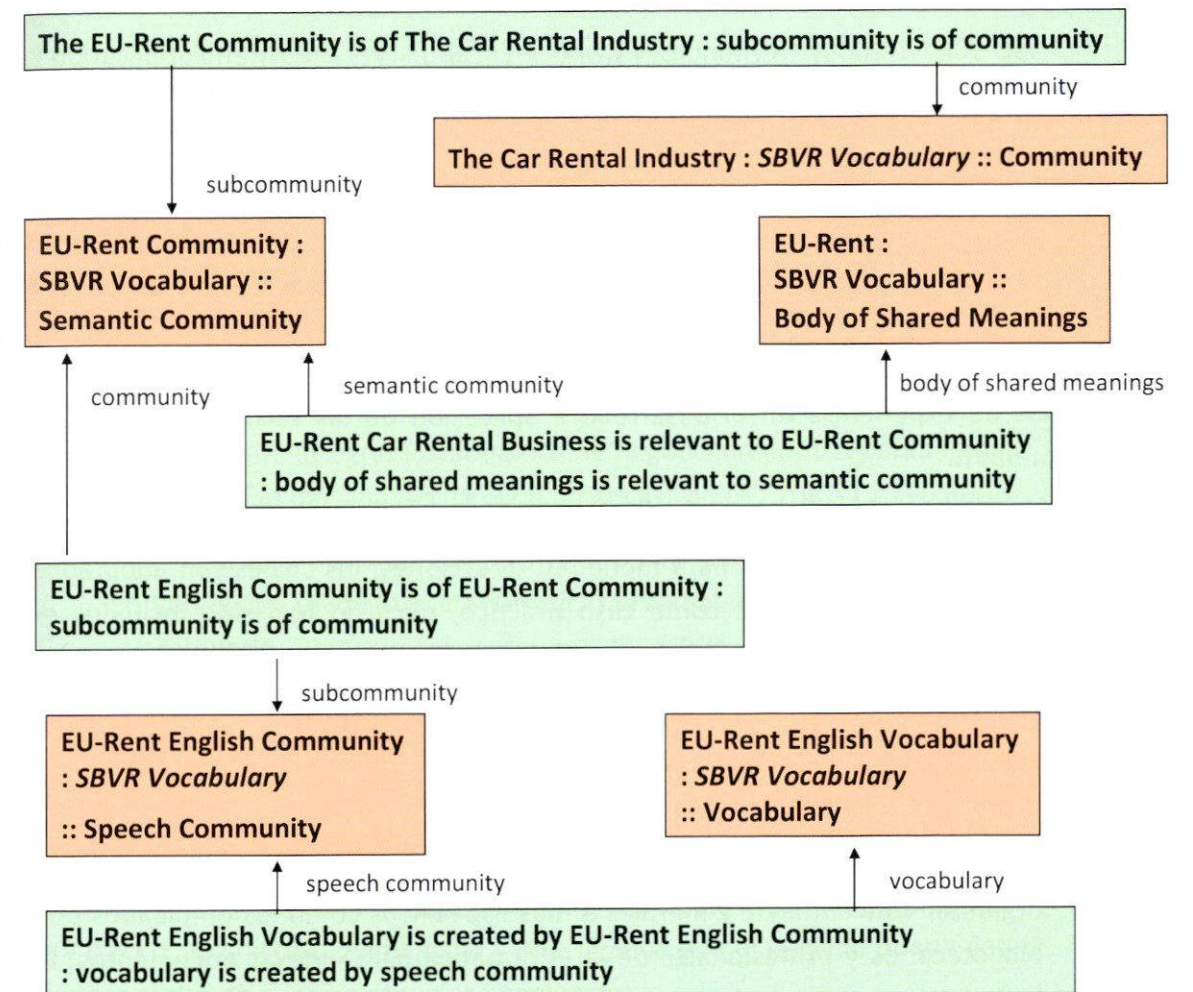


Figura 3-4: Vocabulario y Reglas en SBVR [Sbv08]

SBVR contempla en su definición los siguientes conceptos clave: semántica, vocabulario de negocio y regla de negocio.

SBVR incluye dos vocabularios especializados en su semántica. Uno para *describir vocabularios de negocio*. Se encarga de todo tipo de términos y significados que no sean reglas de negocio, y otro para *describir reglas de negocio*. Se encarga de la especificación de los significados de las reglas de negocio que se construye sobre el vocabulario anterior.

Ambos vocabularios han sido separados, de manera que el “Vocabulario para Describir Vocabularios de Negocio” pueda ser utilizado de manera independiente, por ejemplo, como base para vocabularios de procesos de negocio o roles organizacionales.

El vocabulario de negocio contiene todos los términos especializados y definiciones de conceptos que una organización o comunidad determinada emplea al hablar y escribir en el ámbito de los negocios.

El “Vocabulario para Describir Vocabularios de Negocio” se basa en los estándares ISO sobre terminología:

- ISO 1087-1(2000) “Terminology work” – Vocabulary – Theory and application”
- ISO 704 (2000) “Terminology work – Principles and Methods”
- ISO 860 (1996) “Terminology work – Harmonization of concepts and terms”

Estos estándares han sido utilizados durante décadas para dar soporte a vocabularios de multilinguaje en traducción. SBVR es el resultado de la integración de estos estándares ISO, lógicas formales, lingüística y experiencia práctica a partir de expertos con amplia dedicación al campo de las reglas y vocabularios de negocio. Estos expertos tienen más de diez años de experiencia en el desarrollo y aplicación de las técnicas incluidas en el estándar SBVR.

Existen otros estándares ISO utilizados para representar conceptos como códigos de países, fechas y horas, códigos para monedas, direcciones, los cuales son adoptados en vocabularios basados en SBVR como caso práctico, pero no han sido incluidos en la especificación.

Un vocabulario basado en SBVR potencia, de distintas maneras, la semántica de los glosarios de términos de negocio habituales y sus definiciones. Para conseguir este objetivo proporciona:

- Una potente capacidad de categorización jerárquica y multidimensional para organizar conceptos de generales a más específicos como los empleados por los bibliotecarios y profesionales de la informática para indexar documentos. Estas jerarquías son normalmente conocidas como taxonomías o esquemas de categorización.
- Las capacidades asociadas a los tesauros, incluyendo sinónimos, abreviaturas, vocabularios múltiples para un conjunto de significados en distintos idiomas etc.
- La posibilidad de especificar definiciones de una manera formal y no ambigua en función de otras definiciones presentes en el vocabulario de negocio, como resultado de la aplicación de lógica formal o de otras reglas lingüísticas.
- La capacidad para definir conexiones entre conceptos que resulten de interés para la organización. Estas conexiones proporcionan la estructura semántica

desde el punto de vista de negocio, necesaria para encontrar información sobre tales relaciones en los documentos de texto y base de datos relacionales, así como proporcionar la posibilidad de especificar reglas de negocio de una manera formal y sin ambigüedades.

- Un conjunto de plantillas de semánticas para facilitar la captura de la semántica completa para cada concepto y también para las conexiones entre conceptos que pueden resultar de interés para la comunidad propietaria del vocabulario de negocio.
- Una base para la identificación y/o definición de entidades individuales, eventos y estado, las relaciones entre ellos y su relación con el tiempo para documentos de texto y minería de datos.
- La base para herramientas que den soporte a la visualización y “navegación” a través del vocabulario de negocio basado en su significado desde el punto de vista de negocio.
- La gestión y propiedad compartida por parte de la comunidad de los vocabularios de negocio y reglas de negocio de cada miembro.
- La base para integrar vocabularios de negocio creados separadamente, utilizando la capacidad de “análisis de características” de ISO 1087-1 e ISO 860.
- La capacidad de minimizar el número de definiciones que necesita crear una organización mediante características pragmáticas y potentes para la adopción de vocabulario, ya que el enfoque de SBVR promueve la incorporación de vocabularios externos previamente desarrollados y la comunicación entre los miembros de las diferentes comunidades.
- La capacidad de dar soporte a la especificación del significado de todo tipo de reglas de negocio de manera exhaustiva.

Por otro lado, SBVR utiliza la siguiente definición para regla de negocio: “una regla que está bajo la jurisdicción del negocio”. Esto implica que el negocio puede definir, revisar y eliminar reglas de negocio según sea necesario.

Claramente, el término “regla” tiene el sentido de “guía de conducta o acción”, tanto en la vida diaria como en el ámbito de los negocios. Por otro lado, resulta obvio que si las reglas se van a emplear como guías de conducta o acción, deben proporcionar también los criterios precisos para juzgar y guiar la conducta o acción. Así, en el contexto de las reglas de negocio, las reglas se emplean como conjuntos de criterios para tomar decisiones. La interpretación que SBVR da al concepto de regla abarca el sentido de “conjunto de criterios” que contemplan la mayoría de los diccionarios de referencia.

Este punto es de vital importancia para los profesionales dedicados a la creación de modelos de negocio. En la ingeniería de procesos de negocio, por ejemplo, el significado

más extendido para el concepto “regla de negocio” son criterios para los puntos de decisión (*branch points*) en modelos de procesos de negocio. Estos puntos de decisión son, habitualmente, sencillos (por ejemplo, “¿cuál es el nivel de un cliente, oro, plata o bronce?”). Aunque hay casos en los que esos puntos de decisión van acompañados de criterios realmente complejos (por ejemplo, ¿debe pagarse la reclamación del seguro, debe denegarse o debe considerarse como probablemente fraudulenta?) Para estas situaciones complejas, la aplicación de técnicas de inferencia especiales puede ser de gran ayuda (por ejemplo, herramientas que soportan “reglas de producción”).

Un aspecto importante que se debe tener en cuenta en el tratamiento que SBVR da al concepto de regla es su consistencia con la lógica formal. Notables expertos en esta área indican que el mejor tratamiento que puede hacerse para la interpretación de reglas debería incluir restricciones de necesidad y obligatoriedad. De esto modo, en SBVR, una regla es “un elemento de orientación que introduce una obligación o una necesidad”. Las dos categorías de reglas fundamentales son:

- **Reglas Estructurales.** Estas reglas permiten definir cómo se organiza o estructura el negocio y que nunca pueden ser infringidas de forma directa. Simplemente definen características que permiten categorizar (u organizar o estructurar) las entidades que intervienen en el negocio. Por ejemplo, la regla, “un cliente debe tener al menos una reserva de alquiler” es una regla estructural y no puede ser violada directamente.
- **Reglas Operativas.** Estas reglas, por el contrario, pueden ser violadas por algún agente de negocio. Por ejemplo, la regla “un cliente que parece haber bebido o estar drogado no se le debe proporcionar un coche de alquiler” es una regla operativa que puede ser contravenida en un momento dado. Si se viola una regla de este tipo se producirá una penalización.

En SBVR las reglas se construyen siempre aplicando condiciones de necesidad u obligatoriedad sobre tipos de hecho. De modo informal, un “tipo de hecho” es una asociación entre dos o más conceptos. Por ejemplo, la regla “un contrato de alquiler no debe tener más de tres conductores adicionales” se basa en el tipo de hecho “el contrato de alquiler tiene un conductor adicional”. De este modo, SBVR asume un principio básico del Enfoque de las Reglas de Negocio que establece que las “reglas de negocio deben construirse sobre tipos de hecho y los tipos de hecho se construyen a partir de conceptos expresados en términos”. Esta idea está documentada en las publicaciones de los mayores expertos de la industria de los últimos 10 años (ver Figura 3-5).

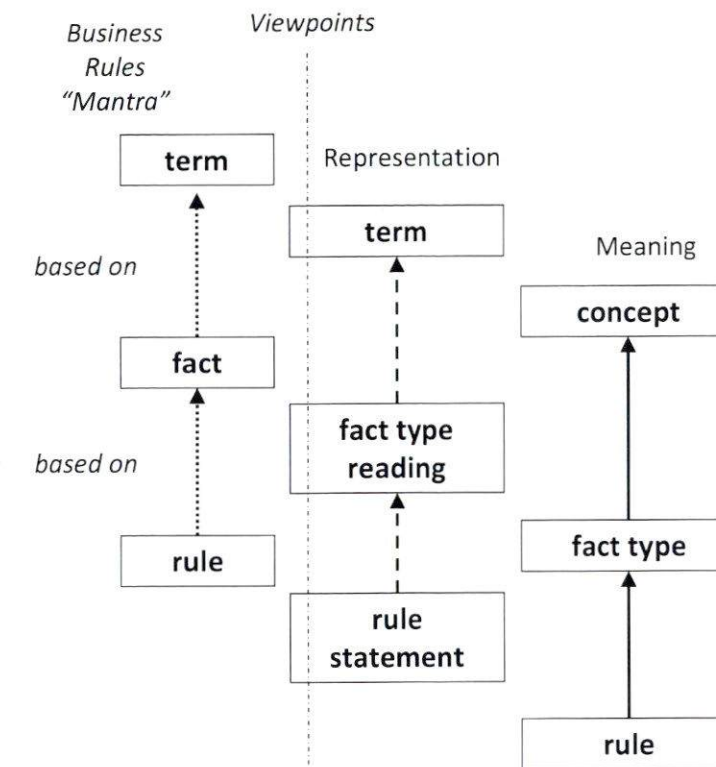


Figura 3-5: Enfoque de la Reglas de Negocio en SBVR [Sbv08]

Una consecuencia importante del enfoque de SBVR es que los conceptos (incluyendo los tipos de hecho) son diferentes de las reglas. Esto permite que el soporte dado por SBVR a los conceptos (incluyendo tipos de hecho) pueda ser empleado, opcionalmente, para la construcción de vocabularios de negocio.

Así mismo, todas las reglas de negocio deben ser “procesables”, es decir, susceptibles de ser validadas.

Para las reglas operativas, este concepto se refiere al comportamiento de la gente y de qué forma se cumple dicho comportamiento. Si una regla operativa es procesable, una persona que la conoce puede decidir directamente si se está siguiendo correctamente o no cuando esa persona observa un comportamiento relevante.

Para las reglas estructurales, este concepto se refiere a cómo la evaluación del criterio de la regla siempre produce un cierto resultado para una decisión o cálculo en oposición a otros. Si una regla estructural es procesable, una persona que la conoce puede decidir directamente si se está siguiendo correctamente cuando esa persona observa un resultado relevante debido a una decisión o a un cálculo. Todo esto parte de la base de que el vocabulario de negocio sobre el que se define la regla ha sido bien desarrollado y se ha dado acceso al mismo del modo correcto.

Por otro lado, que una regla de negocio sea “procesable” no quiere decir que sea siempre automatizable. Muchas reglas de negocio, especialmente las operativas, no pueden ser

automatizadas por los sistemas de información. Esta distinción no es importante para SBVR, que se centra en reglas sólo desde el punto de vista del negocio, sin tener en cuenta si las reglas pueden ser automatizables. No obstante, es importante en la definición de la transformación del modelo de negocio al nivel PIM de MDA. Concretamente, aquellas reglas de negocio que no sean automatizables necesitarán ser implementadas como actividades del usuario y soportadas por manuales de procedimiento o libros de reglas.

Descripción Informal del Metamodelo SBVR

El metamodelo SBVR puede estructurarse en cinco elementos principales: comunidad, conjunto de conceptos compartidos, formulación lógica, representación de negocio y lógica formal (ver Figura 3-6).

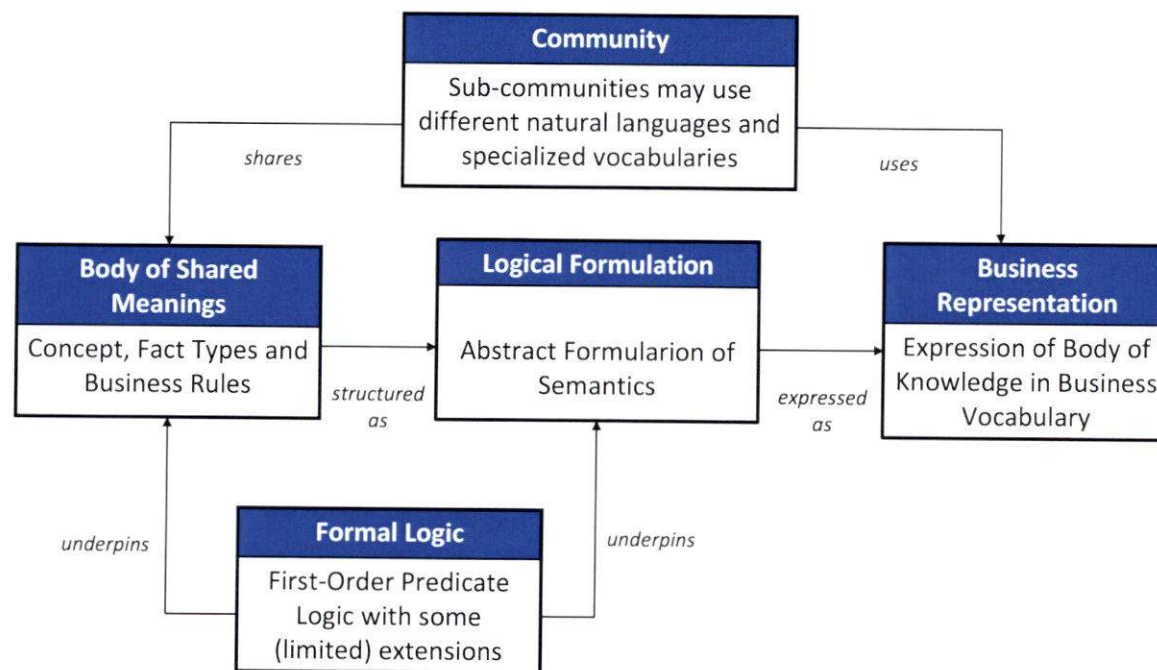


Figura 3-6: Elementos del Metamodelo en SBVR [Sbv08]

La base del vocabulario de negocio es la comunidad. En el nivel de negocio, las comunidades de mayor importancia son las empresas para las que se están estableciendo y expresando las reglas de negocio. Sin embargo, otras comunidades también deben ser reconocidas.

Un aspecto importante de la comunidad es que las sub-comunidades que la componen pueden necesitar acceso a los significados compartidos (comenzando por los conceptos fundamentales) que pueden estar recogidos en diferentes vocabularios, desde jerga especializada a correspondencias en diferentes idiomas. En SBVR estas sub-comunidades se denominan "comunidades de habla".

Una comunidad tiene un conjunto de significados compartidos, comprendiendo conceptos (que incluyen tipos de hecho) y reglas de negocio. Lo que se comparte es el significado, no la forma de expresarlo, para poder así intercambiar, discutir y validar significados compartidos. Para ello, estos significados compartidos deben haber sido previamente expresados de alguna forma. En SBVR la estructura del conjunto de significados compartidos (es decir, qué conceptos juegan qué roles en los hechos, qué hechos constituyen la base qué reglas etc.) se define a través de la asociación de conceptos abstractos, tipos de hecho y reglas de negocio, y no asociando sentencias en un lenguaje determinado.

La formulación lógica proporciona una sintaxis formal, abstracta e independiente del lenguaje para representar la semántica de un conjunto de significados completos. Permite emplear múltiples formas de representación, como: expresiones basadas en nombres y verbos, lectura de asociaciones en ambas direcciones.

Esto permite por un lado, la asociación de un conjunto de significados compartidos a los vocabularios empleados por las comunidades, y por otro, la correspondencia con el estándar XMI, que permite el intercambio de conceptos, hechos y reglas de negocio entre herramientas que soportan SBVR.

Los conceptos y reglas de negocio presentes en un conjunto de significados compartidos necesitarán ser representados en vocabularios aceptados y utilizables por las comunidades de habla que comparten esos significados. Estos vocabularios pueden estar en diferentes idiomas, en lenguajes artificiales como UML o en subconjuntos especializados de determinados idiomas, como por ejemplo, los empleados por ingenieros o abogados.

SBVR permite mapear el significado de negocio a lenguajes concretos mediante la representación de elementos del conjunto de significados compartidos con representantes de dichos significados como por ejemplo: "cliente", "coche", "sucursal" para conceptos y símbolos factuales como "alquila", "está ubicado en" para tipos de hecho. Las formulaciones lógicas proporcionan estructura y los representantes de significados se incluyen en las formulaciones lógicas para proporcionar una expresión.

SBVR permite la incorporación de nuevos contenidos a partir de fuentes externas, como estándares y grupos industriales. Por ejemplo, adoptando algunas de las definiciones básicas de los estándares ISO para terminología y vocabulario.

SBVR tiene un fundamento teórico sólido, basado en la lógica formal, que permite tanto la formulación lógica como las estructuras de conjuntos de significados compartidos.

Beneficiarios de SBVR

Los principales beneficiarios de SBVR son analistas de negocio, modeladores, integradores/administradores de vocabulario y reglas de negocio, constructores de herramientas y lingüistas. La cercanía de SBVR al vocabulario del lenguaje natural permite

su uso para colectivos conocedores del negocio de la organización o personal que no tiene por qué tener un marcado perfil técnico. Por consiguiente, este lenguaje de representación de reglas de negocio cuenta con una abstracción a alto nivel que facilita su comprensión y utilización para definir las propias reglas.

3.2.7 OMG – Production Rules Representation (OMG-PRR)

Según el Object Management Group, el estándar OMG para la representación de reglas de producción cubre distintos requisitos relacionados con las reglas de negocio, los sistemas software, los estándares OMG y otros estándares para la representación de reglas. Entre estos requisitos se encuentran los siguientes:

- Proporcionar un estándar para la definición de reglas de producción que pueda resultar de utilidad a la hora de intercambiar reglas de negocio entre diferentes herramientas de modelado de reglas.
- Representar las reglas de producción puede asimilarse a las reglas de negocio.
- Proporcionar el modelo independientemente de la plataforma, dando soporte a las reglas de negocio en un enfoque MDA.
- Proporcionar ejemplos sobre cómo emplear UML para dar soporte a las reglas de producción de forma estandarizada y útil.
- Proporcionar una representación estándar que sirva de base para la definición de otros estándares de representación de reglas como puede ser RIF.

OMG PRR es una representación compatible con UML que juega un papel neutral y que pretende ser definido a través de herramientas sin necesidad de que intervengan usuarios de negocio (ver Figura 3-7).

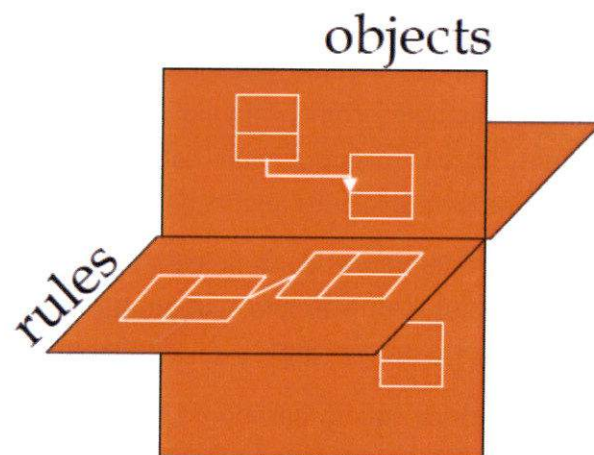


Figura 3-7: Relación Reglas y Objetos en OMG PRR

La petición de propuestas (RFP, *Request for Proposals*) en la que se definían los requisitos por los que debían regirse los estándares propuestos, indicaban expresamente la necesidad de que se proporcionara un metamodelo que permitiese la inclusión de reglas de producción como elementos básicos de los modelos UML. Por otro lado, también se solicitaba un esquema XML para el lenguaje XMI que sistematizase el intercambio de reglas de producción entre herramientas de ayuda al modelado de reglas y motores de reglas.

Además, dado que el estándar OMG PRR debe ser también compatible con representaciones que no cumplan UML ni OMG como expresiones de lenguaje (condición más acción) empleadas fuera de UML y modelos de objetos mapeados desde diagramas de clase UML, se define en dos niveles:

- PRR Core: un metamodelo con reglas generales y reglas de producción.
- PRR OCL: una sintaxis basada en OCL (Object Constraints Language), no normativa, para expresiones PRR.

PRR Core	PRR OCL
Metamodelo genérico	Subclases específicas de OMG
Expresiones de lenguaje	OCL2 (incluye acciones)
Modelo general de reglas de producción	Por requerimiento RFP

Tabla 3-4: Elementos de los Niveles de OMG PRR

Este estándar contempla la misma definición de regla de producción que se toma en RIF, permitiendo agrupar las reglas de producción en conjuntos de reglas. Uno de los elementos principales que incorpora es el de variable de regla. Según, OMG PRR una variable de regla representa un conjunto de objetos de un mismo tipo que se encuentran en la fuente de datos, es decir, en el espacio de memoria sobre el que se van a ejecutar las reglas de negocio. De esta forma, cuando una de estas variables se emplea en la definición de una regla de negocio, se generan tantas instancias para la regla como posibles valores puede tomar la variable. La semántica proporcionada por estos elementos va a resultar de gran utilidad a la hora de definir reglas de negocio. Por otro lado, el estándar RIF también define el concepto de variable de regla, por lo que su inclusión en OMG PRR facilitará la transformación entre lenguajes.

3.2.8 Comparación de Lenguajes

A continuación muestro de forma tabulada (Tabla 3-5) una comparativa entre los lenguajes presentados atendiendo a distintos parámetros.

La columna *abstracción* se refiere a la mayor o menor facilidad para comprender e interpretar un lenguaje independientemente de los conocimientos técnicos. Es decir, si la abstracción es baja, indica que el lenguaje está muy cercano a la implementación, esto es,

al entorno tecnológico en el que opera. Por el contrario, si la abstracción es alta, indica que existe una mayor distancia en relación con la implementación.

Lenguaje	Organismo / Empresa	Abstracción
BRML	IBM	Media
SRML	ILOG	Media
RuleML	-	Media
SBVR	OMG	Alta
SWRL	W3C	Media
RIF	W3C	Media
OMG-PRR	OMG	Bajo

Tabla 3-5: Comparación de Lenguajes de Representación de Reglas de Negocio

Tal y como se puede observar, el lenguaje SBVR es independiente de la implementación, lo que conlleva una comprensión e interpretación sencilla de las reglas de negocio por parte de los usuarios.

En cambio, el lenguaje OMG-PRR es de un nivel de abstracción bajo ya que se basa en el modelo UML para definir el sistema sobre el que se implantarán las reglas de negocio y, por consiguiente, está encaminado a un lenguaje de programación orientado a objetos.

Finalmente, los lenguajes SWRL y RIF se orientan a la integración con ontologías de tal manera que son capaces de recoger conceptos a los que se hacen referencia en las reglas de negocio.

Una visión complementaria a lo indicado en la tabla anterior es lo ilustrado en la Figura 3-8: el ciclo de vida de las reglas de negocio dividido en tres fases y su relación con los lenguajes presentados.

- *Análisis de requisitos.* Las reglas de negocio y el vocabulario de negocio se modela de un modo verificable y entendible.
- *Diseño de aplicaciones.* Incluye reglas como componentes de clases en algún lenguaje de modelado.
- *Despligue y operaciones.* Las reglas están escritas, pueden ser compartidas por distintos Partners y pueden ser ejecutadas en motores de reglas.

He decidido utilizar SBVR como lenguaje de representación de reglas de negocio para mi modelo debido a su cercanía al lenguaje natural posibilitando de este modo una interpretación sencilla por parte de los usuarios de negocio. Su relación con la fase de análisis de requisitos es una tarea ligada a los conocedores del negocio y es consecuencia de su independencia de la implementación tecnológica lo que refuerza mi elección para esta tesis doctoral.

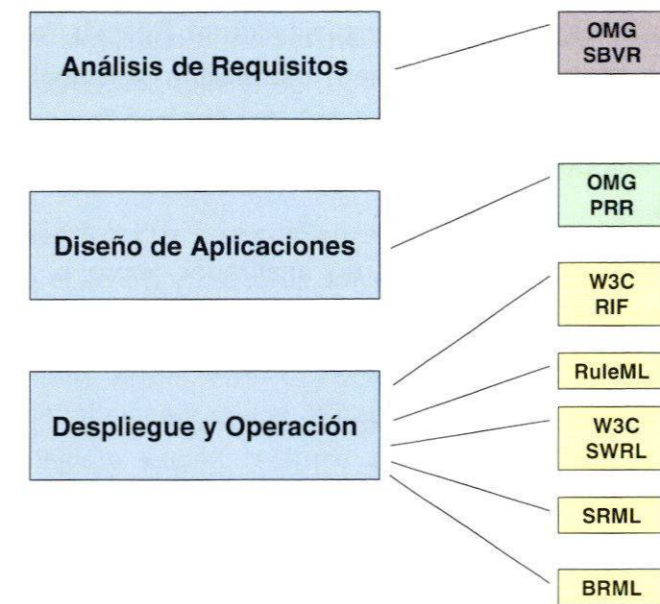


Figura 3-8: Relación entre Fases del Ciclo de Vida y Lenguajes

3.3 Generadores de Analizadores Léxicos, Sintácticos y Semánticos

Los analizadores léxicos, sintácticos y semánticos se emplean dentro del proceso de compilación de un lenguaje como una secuencia de fases que finalmente termina con el código máquina. Un esquema de dicho funcionamiento es el que se muestra en la siguiente figura.

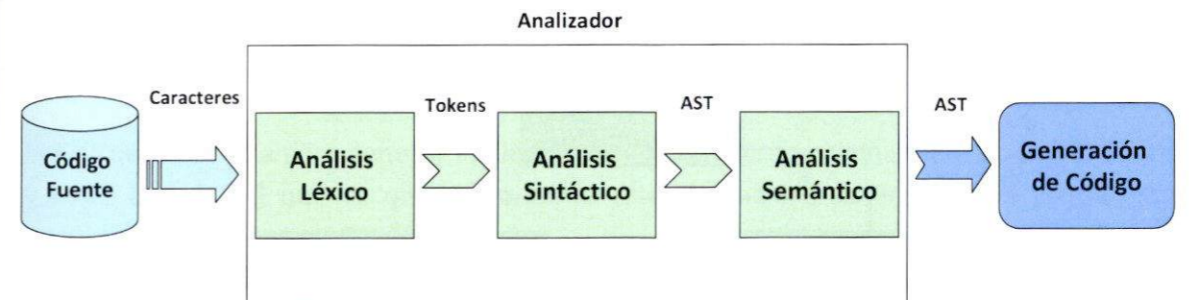


Figura 3-9: Fases de un Proceso de Compilación

- **Código fuente.** Es un conjunto de ficheros de texto que normalmente se almacenan en la memoria de una máquina con el objeto de provocar una serie de acciones a partir de la información que contienen. Para ello, los ficheros son leídos y transferidos a la memoria, dando como resultado un flujo de *caracteres*.
- **Análisis léxico.** Esta fase agrupa los diferentes caracteres de su flujo de entrada en tokens², los cuales son los símbolos léxicos del lenguaje y normalmente guardan

² Cadena de caracteres con un significado coherente en cierto lenguaje de programación

similitudes con las palabras del lenguaje natural. Además, los tokens se identifican a través de símbolos y contienen información adicional, como por ejemplo: cadena de caracteres que los originó, fichero que los contenía y línea donde comienzan, etc. Después de que han sido identificados, se transmiten al siguiente nivel de análisis.

Un ejemplo de cómo funciona un analizador léxico o *lexer* es el siguiente: imaginemos que tenemos el siguiente fragmento de pseudocódigo que sirve para controlar un robot en una cadena de montaje:

```
Juntar (placas);
Soldar (frontal+lateral);
```

El analizador léxico del robot produciría la siguiente serie de tokens:

```
RES_JUNTAR PARENT_AB NOMBRE PARENT_CE PUNTO_COMA
RES_SOLDAR PARENT_AB NOMBRE SIMB_MAS NOMBRE PARENT_CE PUNTO_COMA
```

- **Análisis sintáctico.** Esta fase se encarga de aplicar las reglas sintácticas del lenguaje analizado al flujo tokens. No obstante, el objetivo final, en caso de no detectar errores, es representar la información codificada en un Árbol de Sintaxis Abstracta (Abstract Syntax Tree, AST), que no es más que una representación arbórea de los diferentes patrones sintácticos que el analizador ha encontrado durante el análisis, a excepción de elementos innecesarios previamente definidos como: signos de puntuación, paréntesis, etc.

Tomando como ejemplo el código del robot previamente descrito, el análisis sintáctico producirá un AST como el de la figura siguiente:

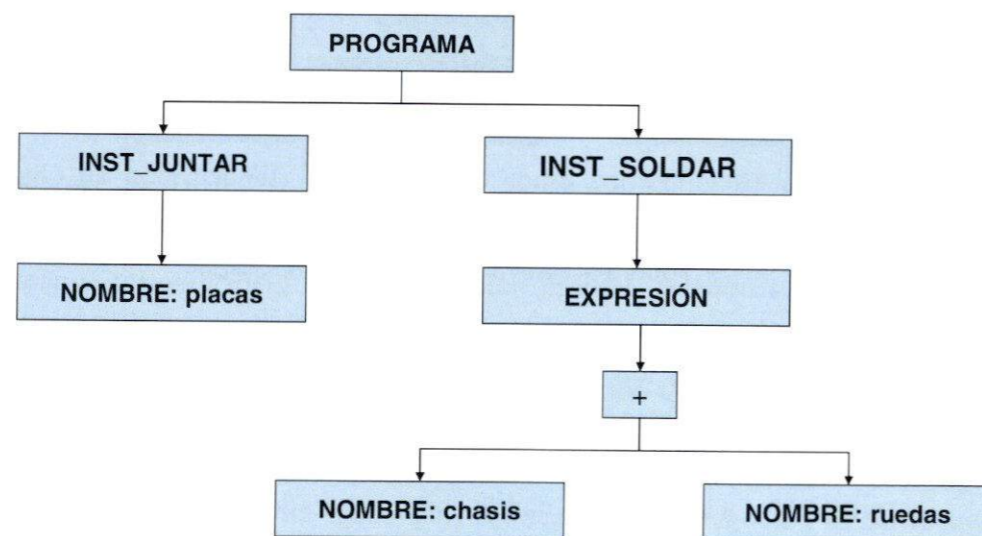


Figura 3-10: Ejemplo de Árbol de Sintaxis Abstracta

El analizador sintáctico o *parser* ha identificado dos instrucciones: “juntar” y “soldar”. Además, los tokens del tipo “NOMBRE” tienen información adicional. Finalmente, el símbolo ‘+’ permite actuar sobre varios elementos simultáneamente: “chasis” y “ruedas”.

- **Análisis semántico.** Esta fase comienza por detectar posibles incoherencias a nivel sintáctico en el AST y, en caso de solventarlas, normalmente se enriquece con el objetivo de realizar un nuevo análisis semántico. De hecho, es una práctica habitual realizar varios análisis semánticos, cada uno centrado en aspectos diferentes, de tal manera que el AST se enriquezca y cambie sucesivamente. En la bibliografía inglesa suelen referirse a los analizadores semánticos como *tree parsers* o *iteradores de árboles* precisamente porque se encargan de recorrer los AST tantas veces como se considere necesario.

En el caso del ejemplo del robot, el código que se refiere a la soldadura de la parte frontal y lateral es gramaticalmente correcto pero imaginemos que un analizador semántico considera que la parte lateral no se puede soldar. En este caso, se emitiría un mensaje de error y no continuaría con el análisis.

- **Generación de código.** Esta fase recibe el AST enriquecido, como resultado del proceso de análisis semántico, para generar código máquina. El código del robot, una vez eliminado el error semántico detectado, generaría el código binario necesario para juntar y soldar los elementos adecuados.

En las siguientes secciones me centraré en las tres primeras fases del análisis y describiré los analizadores más importantes que actualmente son utilizados.

3.3.1 Lex y Flex

Lex es un programa para generar analizadores léxicos escrito originalmente por Eric Smith y Mike Lesk [LS78] que es empleado como estándar en los sistemas UNIX y que está incluido en el estándar POSIX.

En relación a su estructura, los archivos de lex se dividen en tres secciones separadas por líneas que contienen solamente dos símbolos “%”, tal y como se muestra a continuación:

Sección de declaraciones

```
%%
```

Sección de reglas

```
%%
```

Sección de código en C

- La sección de declaraciones es el lugar para definir macros y para importar los archivos de cabeceras escritos en C. Además, en esta sección también es posible escribir cualquier código de C ya que será copiado en el archivo fuente generado.
- La sección de reglas es la sección principal de un archivo lex ya que relaciona patrones (expresiones regulares) con sentencias de C. De este modo, la base del funcionamiento de lex es el siguiente: cuando el analizador encuentra un texto en la entrada que es asociable a un patrón dado, ejecuta el código de C.
- La sección de código de C define sentencias C que normalmente contienen el código llamado en la sección de las reglas. Dependiendo del tamaño de esta sección, es recomendable incluir este código en un archivo separado de tal manera que se enlace en tiempo de compilación a través de una importación en la sección de declaraciones.

Lex sirvió como base a Flex (*Fast LEXical analysis*) y se considera un producto de la FSF (*Free Software Foundation*). Flex fue implementado por Vern Paxson, basándose en la implementación original de Jef Poskanzer, y con importantes aportaciones de Van Jacobson [Pax95].

Actualmente Flex es una herramienta muy utilizada en el desarrollo de compiladores y la siguiente figura muestra un ejemplo de cómo se utiliza:

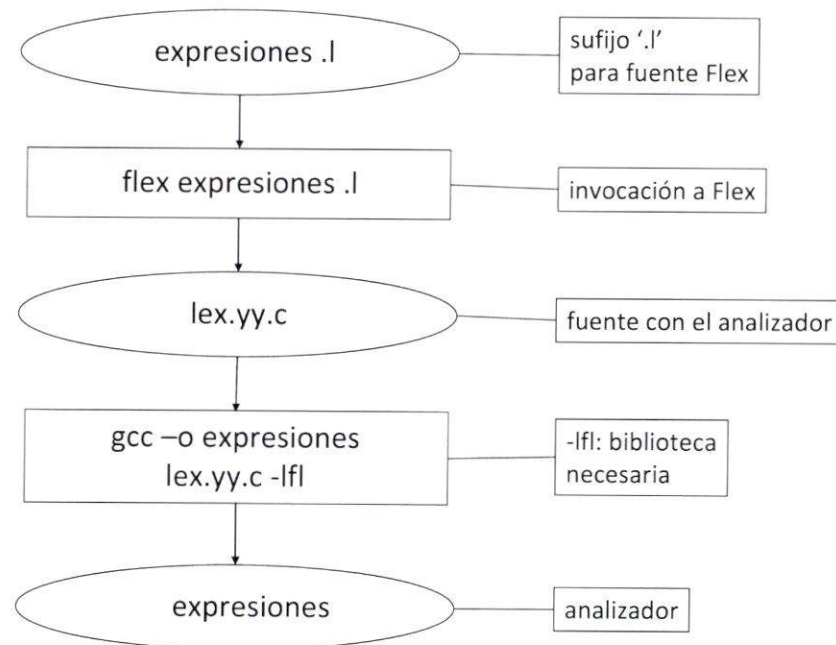


Figura 3-11: Flujo en Flex

Una vez que Flex recibe como entrada un archivo Lex que tiene la estructura definida previamente, se realiza una conversión a un archivo de C, *lex.yy.c*. Posteriormente, se compila y el ejecutable resultante producirá el resultado buscado.

Tanto lex como flex son analizadores léxicos y se utilizan comúnmente con analizadores sintácticos como yacc y bison, los cuales se describen en la siguiente sección.

3.3.2 Yacc y Bison

Yacc es un generador de analizadores sintácticos desarrollado por Stephen C. Johnson [Joh74] a principios de los 70 en la compañía AT&T para el sistema operativo UNIX. Su funcionamiento comienza a partir de un fichero fuente en Yacc, del cual se genera un fichero fuente en C que contiene el analizador sintáctico. Sin embargo, un analizador sintáctico de yacc no puede funcionar por sí solo, sino que necesita un analizador léxico externo; yacc se apoya en la herramienta lex para el análisis léxico.

El fuente generado por yacc (*y.tab.c*) realiza llamadas a una función *yylex()* que debe estar definida y debe devolver el tipo de lexema encontrado. Además, debe incorporar una función *yyerror()* que gestione errores en caso de que un símbolo no tenga correspondencia en la gramática (ver Figura 3-12).

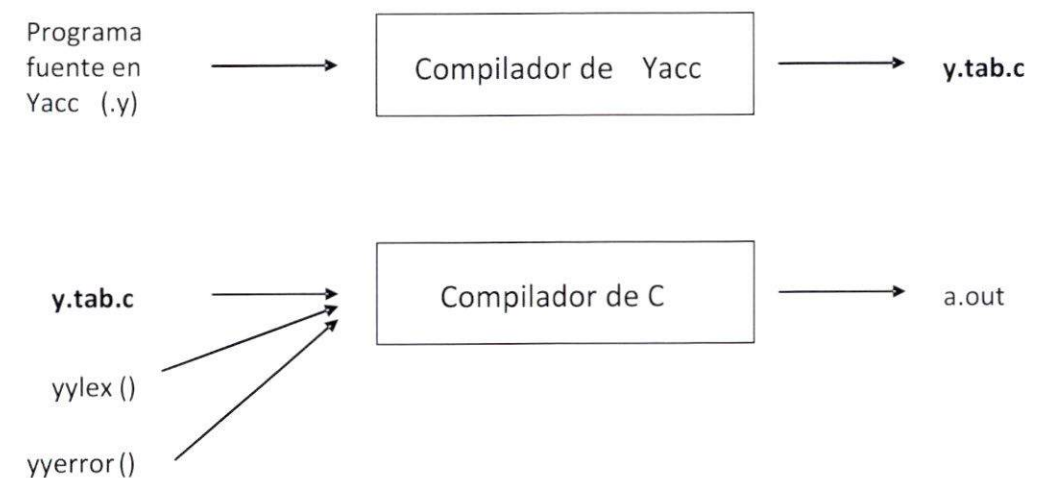


Figura 3-12: Flujo en Yacc

El esquema general de un programa fuente escrito en Yacc es muy similar a uno escrito en Lex con la diferencia de que en la sección de reglas se definen reglas de gramática en lugar de expresiones regulares.

Sección de declaraciones

%%

Sección de reglas

%%

Sección de rutinas

- La sección de declaraciones puede incluir varias cosas, al igual que ocurría en *lex*, pero ahora su función principal no es definir expresiones regulares, sino declarar los símbolos terminales de la gramática mediante la directriz `%token`. Todo lo que no sea un terminal, será considerado un símbolo no terminal, y por tanto debe haber una regla para él:

```
%token    IF, ELSE, LLAVE_AB, LLAVE_AC, IDENT
```

- La sección de reglas contiene la gramática que será empleada por el compilador *yacc* para realizar un conjunto de acciones determinadas.

```
no_terminal:    componentes    {acciones en C}
```

La parte de *componentes* es una combinación de terminales y no terminales que describe al no terminal de la izquierda de la regla.

- La sección de rutinas tiene la misma función que en *Lex* aunque *Yacc* no define por defecto las funciones `main()`, `yylex()` e `yyerror()`, así que hay que incluirlas en esta sección o bien en otro fichero que se enlazará en la fase final de la compilación.

Finalmente, *yacc* genera un función llamada `yparse()` que contiene el analizador sintáctico y que se comporta como una máquina de estados cuya misión es reducir todo el fichero de entrada al símbolo inicial de la gramática. En caso de no conseguirlo se invocará la función `yyerror()`.

Yacc sirvió como base a *Bison* y también se considera un producto de la FSF (Free Software Foundation). *Bison* fue escrito principalmente por Robert Corbett [BLM92] mientras que Richard Stallman lo hizo compatible con *Yacc*. Además, Wilfred Hansen [DS10] de la Carnegie Mellon University le añadió otras prestaciones como los literales cadena de más de un carácter.

El proceso real de diseño de lenguajes utilizando *Bison*, desde la especificación de la gramática hasta llegar a un compilador o intérprete funcional, se compone de estas etapas:

1. Especificar formalmente la gramática en un formato que reconozca *Bison*. Para cada regla gramatical, describir la acción que se va a tomar cuando una instancia de esa regla sea reconocida. La acción se describe por una secuencia de sentencias en C.
2. Escribir un analizador léxico para procesar la entrada y pasar tokens al analizador sintáctico. El analizador léxico podría escribirse utilizando, por ejemplo, *Flex*.
3. Escribir una función de control que llame al analizador producido por *Bison*.
4. Escribir las rutinas de informe de errores.

El fichero de entrada para la utilidad *Bison* es un archivo de gramática de *Bison* cuya forma general de una gramática de *Bison* es la siguiente:

```
%{
    declaraciones en C
}%
Declaraciones de Bison
%%
Reglas gramaticales
%%
Código C adicional
```

- Los ‘%%’, ‘%{’ y ‘%}’ son signos de puntuación que aparecen en todo archivo de gramática de *Bison* para separar las secciones.
- Las declaraciones en C podrán definir tipos y variables utilizadas en las acciones. Puede también usar comandos del preprocesador para definir macros y `#include` para incluir archivos de cabecera.
- Las declaraciones de *Bison* declaran los nombres de los símbolos terminales y no terminales, y también podrían describir la precedencia de operadores y los tipos de datos de los valores semánticos de varios símbolos.
- Las reglas gramaticales definen cómo construir cada símbolo no terminal a partir de sus partes.
- El código C adicional puede contener cualquier código C que desee utilizar. A menudo suele ir la definición del analizador léxico `yylex`, más subrutinas invocadas por las acciones en las reglas gramaticales.

3.3.3 ACCENT

ACCENT [Acc11] es una herramienta que genera procesadores de lenguaje como compiladores, traductores o intérpretes a partir de descripciones de alto nivel. ACCENT puede procesar una gramática libre de contexto sin que su diseño se vea condicionado por la técnica de implementación, ya sea LALR o LL, del analizador sintáctico.

El formato de la especificación gramatical es parecido al de *Yacc* aunque con algunas diferencias destacables:

- Admite la notación EBNF.
- Usa nombres simbólicos para referirse a los valores de los símbolos.

- Permite operar con gramáticas ambiguas.

También coopera con Lex ya que utiliza su función `yylex()` para obtener la secuencia de *tokens* del fichero de entrada. Esto es debido a que la representación de símbolos *terminales* no están definidos en la especificación gramatical.

En la siguiente figura se muestra la arquitectura de ACCENT a través de los ficheros que deben ser generados y suministrados por el usuario.

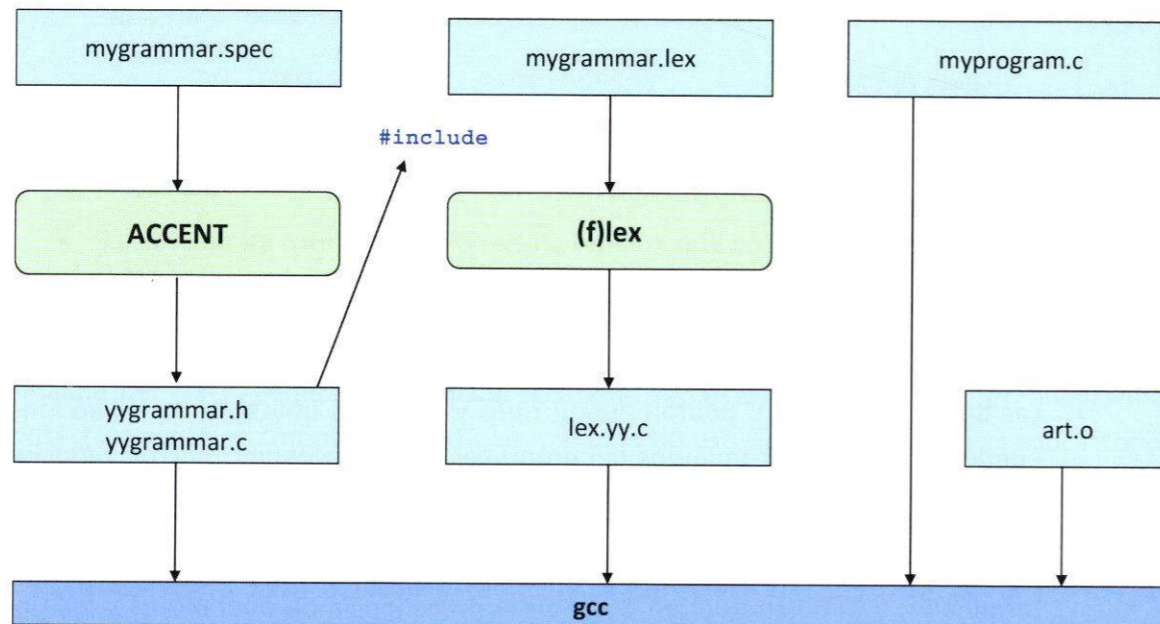


Figura 3-13: Arquitectura de ACCENT [Zie03]

El usuario debe proporcionar algunas funciones auxiliares como `main()` e `yyerror()` que deben estar incluidas en los ficheros `myprogram.c` y `art.o`.

3.3.4 Lemon

Lemon [Lem11] es un generador de analizadores sintácticos para los lenguajes C o C++ que usa tablas de análisis LALR (1). Es similar a Yacc y Bison aunque tiene algunas diferencias:

- Utiliza una sintaxis gramatical diferente especialmente diseñada para reducir el número de errores.
- Genera analizadores más sofisticados que son más rápidos que los de estas herramientas.
- Incluye características para eliminar pérdidas de recursos, lo que le convierte en una herramienta muy útil para su uso en programadas como interfaces gráficos de usuario o controladores embebidos.

El principal objetivo de Lemon es traducir una gramática libre de contexto para un lenguaje determinado a código C que implemente el analizador para ese lenguaje. Esta herramienta consta de dos entradas: la especificación gramatical y un fichero de plantillas para el analizador sintáctico. Normalmente, el usuario solo describe la gramática puesto que se crea por defecto un fichero de plantillas aunque también puede proporcionar su propio fichero si lo desea.

Lemon genera entre uno o tres ficheros de salida en función de las opciones en la línea de comandos:

- Código C que implementa al analizador sintáctico
- Un fichero cabecera asociando un entero por cada símbolo terminal
- Un fichero de información que describe el estado del autómata del analizador generado

3.3.5 Spirit Parser Framework

Spirit [Guz01] es un framework generador de analizadores sintácticos recursivos descendentes orientado a objetos. Su implementación se basa en el uso de técnicas de metaprogramación por plantillas (*template metaprogramming*). Este sistema permite a los usuarios aproximar la sintaxis de una gramática expresada en notación EBNF a código escrito completamente en C++. Esto es una diferencia respecto a los generadores de analizadores convencionales, los cuales necesitan una traducción para pasar de un código fuente EBNF a código C/C++ u otro lenguaje específico.

El analizador léxico está integrado dentro del sistema y realiza un análisis tanto a nivel de caracteres como a nivel de frases mientras que el analizador sintáctico generado es recursivo descendente no determinista. En este último caso, se necesita realizar un análisis con retroceso para comprobar si todas las opciones posibles al recorrer la jerarquía de clases determinan si un objeto puede reconocer la secuencia de entrada.

Spirit permite crear analizadores de mayor complejidad en comparación con las otras herramientas analizadas y a partir de unas pocas clases primitivas. Esto es posible gracias a la flexibilidad que proporcionan las plantillas de C++.

El concepto más importante detrás del diseño de Spirit es la clase *parser* cuya función conceptual es:

```
parse(iterator& first, iterator last)
```

Esta función inspecciona el rango del iterador para devolver éxito o fallo en caso de encontrar o no una concordancia. De ser así, se devuelve un objeto `Match` como resultado.

Todas los *parsers* heredan de la clase base `Parser`, cuya función es ofrecer una interfaz común a todas las subclases mientras que todas ellas deben implementar una función miembro `Parse` compatible con dicha interfaz. A su vez, cada regla tiene asignado un *parser* y su comportamiento se codifica mediante la clase `AbstractParser`.

Por otro lado, las acciones semánticas se añaden al sistema como funciones C/C++ y serán llamadas dentro de un contexto determinado en caso de que el proceso de análisis reconozca la entrada correspondiente.

3.3.6 JavaCC (Java Compiler Compiler)

JavaCC [Jav11] es un generador de analizadores sintácticos escrito en lenguaje Java que acepta como entrada una especificación de un determinado lenguaje y produce como salida un analizador para ese lenguaje. Sus características generales son:

- Permite generar analizadores léxicos y analizadores sintácticos recursivos descendentes LL(k).
- Integra en la descripción completa el fichero de entrada, la especificación léxica y la especificación sintáctica.
- Incluye otra herramienta denominada JJTree que es un preprocesador de la entrada de JavaCC y cuya función consiste en insertar acciones en determinados lugares de la especificación del fichero para generar árboles de sintaxis abstracta (AST).

El formato de entrada en JavaCC contiene una colección de reglas léxicas y sintácticas para describir el lenguaje que va a ser reconocido y un conjunto de acciones semánticas definidas por el usuario para realizar las tareas correspondientes siempre y cuando las instrucciones de entrada sean reconocidas. Una especificación para el generador JavaCC se divide en cuatro secciones:

- Sección de Opciones. La forma de esta sección es:

```
options {
    nombreOpcion1 = valorOpcion1;
    nombreOpcion2 = valorOpcion2;
    . . . .
    nombreOpcionk = valorOpcionk;
}
```

- Sección de Ejecución. Está delimitada por dos palabras reservadas, ambas acompañadas por un mismo nombre, siendo este nombre es que se da a la especificación.

```
PARSER_BEGIN (NombreDeLaEspecif)
. . . .
public class NombreDeLaEspecif {
    . . . .
}
. . . .
PARSER_END (NombreDeLaEspecif)
```

- Sección de Sintaxis. Describe la sintaxis del lenguaje para el que se desea generar el analizador, usándose para ello una notación parecida a BNF.

```
<NombreSimb> ::=  $\alpha_1$ 
                |  $\alpha_2$ 
                . . .
                |  $\alpha_n$ 
```

- Sección de Lexicografía. Indica la lexicografía del lenguaje para el que se va a generar el analizador. La notación de JavaCC que representa la forma de cada una de las piezas sintácticas es una variante de las conocidas expresiones regulares.

```
TOKEN :
    { < nombreTerminal : Expresión-Regular > }
```

La salida de JavaCC incluye las siguientes clases:

- *TokenMgrError*. Es la excepción que se lanza cuando se detectan problemas con el reconocimiento de tokens.
- *ParseException*. Es la excepción que se lanza cuando el analizador sintáctico encuentra algún problema.
- *Token*. La clase que encapsula los símbolos *terminales* que se encarga de obtener el analizador léxico para suministrárselo al analizador sintáctico.
- *Parser*. La clase del analizador sintáctico principal.
- *ParserTokenManager*. Un gestor de símbolos *terminales* para el analizador contenido en el parser.
- *ParserConstants*. La clase que define las constantes utilizadas por el analizador sintáctico.

3.3.7 ANTLR

ANTLR es un software desarrollado en java (aunque inicialmente fue escrito en C) por varias personas aunque la idea inicial y las decisiones principales de diseño son de Terence Parr [Par07]. En su proyecto fin de carrera, Terence presentó una manera eficiente de implementar un tipo de analizadores denominados LL y, a raíz de estos resultados, decidió implementar PCCTS, que puede considerarse como el punto inicial de ANTLR.

PCCTS permite generar analizadores léxicos y sintácticos aunque para recorrer los árboles de sintaxis abstracta se implementó otro programa denominado SORCERER. ANTLR es el resultado de integrar en un único software tanto PCCTS y SORCERER.

Se puede considerar a ANTLR como un *generador de analizadores* puesto que es capaz de generar un analizador léxico, sintáctico y semántico en varios lenguajes (Java, C++ y C# en su versión 2.7.2) a partir de ficheros escritos en un lenguaje propio, el cual es básicamente una serie de reglas EBNF junto con un conjunto de construcciones auxiliares.

Los ficheros con los que trabaja ANTLR tienen la terminación `.g` y se suelen denominar *ficheros de especificación de gramáticas* o, directamente, *ficheros de gramáticas*. Un fichero de gramática contiene la definición de uno o varios analizadores (léxico, sintáctico o semántico) y cada uno de estos analizadores se traducirá a código nativo (Java, C++ o C#, dependiendo de las opciones introducidas) en forma de clases.

Los ficheros de gramática tienen la siguiente estructura:

```
header{
    /* opciones de cabecera */
}
options
{
    /* opciones generales a todo el fichero */
}
class nombreAnalizador extends tipoAnalizador; // definición del
analizador
options {
    /* Zona de opciones del analizador*/
}
tokens {
    /* Zona de definición de tokens */
}
```

```
{
    /* Zona de código nativo */
}

/* Zona de reglas */
```

- **header.** Es una parte opcional que incluye elementos de código nativo (Java, C o C++) que deben preceder a la definición de las diferentes clases de los analizadores.
- **options** (opciones generales del fichero). También es opcional y permite controlar algunos parámetros, como por ejemplo, el lenguaje nativo en el que se generarán los analizadores (Java, C++ o C#).

Una vez que se han definido las opciones generales del fichero, se incluirían todos los analizadores que se van a emplear aunque habría que determinar, en función del tamaño del analizador, si conviene incluir todos los analizadores léxicos, sintácticos y semánticos en un mismo fichero o se usan mecanismos de importación y exportación de vocabularios con el objetivo de obtener la mayor granularidad posible.

Por tanto, en la primera línea de la definición del analizador, se indicará el nombre de dicho analizador (`nombreAnalizador`) y su tipo (`tipoAnalizador`), donde tipo puede ser `Lexer` para analizadores léxicos, `Parser` para analizadores sintácticos y `TreeParser` para analizadores semánticos.

- **zona de opciones.** Se pueden definir en ella propiedades muy importantes del analizador: el lookahead (`k`), si se va a generar un AST o no (solo aplicable para analizadores sintácticos o semánticos), la importación/exportación de vocabulario (para emplear diferentes ficheros que heredan entre sí las propiedades), la activación/desactivación del tratamiento automático de errores, etc.
- **zona de definición de tokens.** Esta zona permite definir nuevos tokens, que se añaden a los que se hayan importado en la zona de opciones del analizador.
- **zona de código nativo.** Debido a que para ANTLR cualquier analizador es una instancia de clase, en esta zona podríamos incluir varios métodos para que pudieran ser invocados desde cualquier parte de la zona de reglas.
- **zona de definición de reglas.** En esta zona se encuentran las reglas que definirán la gramática.

3.3.8 Comparación de Generadores

A continuación muestro de forma tabulada (Tabla 3-6) una comparativa entre los generadores atendiendo a distintos parámetros y la figura 3-14, con las fases que procesan.

Nombre	Tipo de Análisis	Lenguaje	Tratamiento de Errores	Especificación
Lex/Yacc	LALR(1)	C	Malo	BNF mezclado con C
Flex/Bison	LALR(1)	C	Regular	BNF mezclado con C
Lemon	LALR(1)	C	Malo	BNF mezclado con C
Accent	AE/AP	C	Malo	EBNF mezclado con C
Spirit	LL-ND	C++	Malo	Código en C++
JavaCC	LL(K)	Java	Bueno	EBNF mezclado con Java
ANTLR	LL(K)	C#, C++, Java	Bueno	EBNF mezclado con C#, C++ y Java

Tabla 3-6: Comparación de Generadores

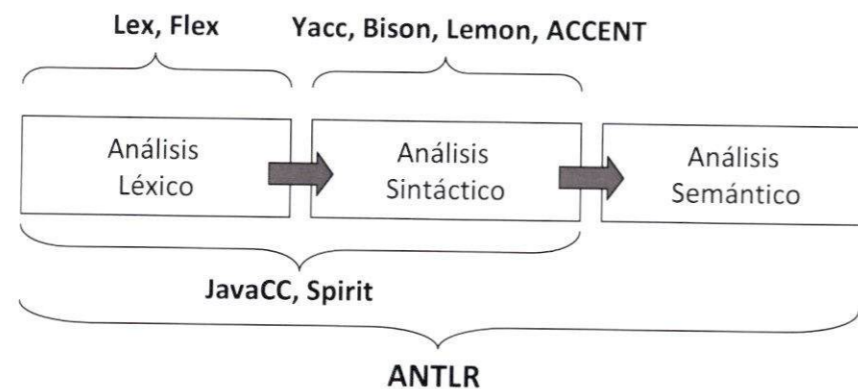


Figura 3-14: Fases de los Generadores

Existe un conjunto de sistemas (Lemon, ACCENT) que ofrecen muy pocas variaciones respecto a las técnicas usadas en herramientas clásicas como Lex/Yacc y Flex/Bison. Otro grupo de herramientas se integra mejor con lenguajes orientados a objetos (JavaCC, ANTLR) y otra incluye técnicas de dichos lenguajes (Spirit). He decidido utilizar ANTLR como herramienta de generación de analizadores en la tesis por los siguientes motivos:

- Todos los niveles de análisis se concentran en una sola herramienta. Por lo tanto, sola hace falta comprender el paradigma de análisis una sola vez para implementar todas las fases. De otro modo, sería necesario conocer herramientas completamente diferentes además de realizar su integración.
- Debido a la naturaleza de los analizadores descendentes, ANTLR genera un código más fácil de comprender y depurar que el generado por otras herramientas basadas en otro tipo de análisis como Lex/Yacc y Flex/Bison basado en tablas de análisis LALR(1).
- Permite generar árboles de sintaxis abstracta, lo cual es muy potente para construir compiladores de más de una pasada.
- Es capaz de generar analizadores en diversos lenguajes: Java, C++ y C#.

Capítulo 4: Definición del Modelo Dinámico de Colaboración

En este capítulo presento la composición de un nuevo modelo dinámico de colaboración empresarial aportado en esta tesis doctoral. En la primera sección defino la estructura y representación sobre la que se define este modelo dinámico a partir de un conjunto de variables y de relaciones comunes a las colaboraciones organizacionales.

En la segunda sección describo el proceso de comparación entre vocabularios basados en el estándar SBVR mediante la implementación de un analizador léxico, sintáctico y semántico desarrollado con la herramienta ANTLR y de la aplicación de tres fórmulas algebraicas que permiten determinar el grado de similitud de los vocabularios SBVR [MLE11].

Finalmente, en la tercera sección presento cómo se crea este modelo dinámico de colaboración a partir de la representación definida en la primera sección y cómo evolucionaría teniendo en cuenta el proceso de comparación explicado en la segunda sección.

4.1 Modelo Dinámico: Estructura y Representación

Los modelos de madurez orientados a la colaboración e interoperabilidad que actualmente se encuentran en el mercado (ver Tabla 3.2), por un lado, se orientan específicamente a ciertos sectores y, por otro lado, no tienen en cuenta el tamaño de las empresas; se focalizan principalmente en organizaciones de gran envergadura, por lo que, los roles no se adaptan correctamente a las necesidades empresariales ya sea por exceso de funcionalidad por rol o por defecto del mismo. Sin embargo, las organizaciones que colaboran buscan buenas prácticas que se adecuen lo máximo posible a un negocio cada vez más heterogéneo y dinámico. Este contexto se aleja de las clásicas aproximaciones generalistas donde los actuales modelos de madurez dicen el *qué* pero no el *cómo*, necesitando una implementación personalizada y un gran esfuerzo. Además, los entornos cooperativos convergen hacia la complementariedad sectorial e intersectorial con la implicación de roles multidisciplinares independientemente del tamaño de las organizaciones.

Por consiguiente, la estructura de mi modelo se basa en tres factores: sector, tamaño y rol. La represento mediante tres ejes de coordenadas, uno por dimensión (ver Figura 4-1). Tal y como se puede observar, el eje X se corresponde con el sector, el eje Y con el tamaño de la organización y el eje Z con el rol de la persona implicada.

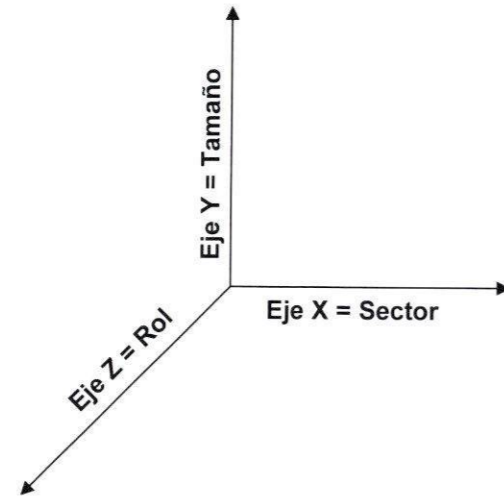


Figura 4-1: Eje de coordenadas del modelo dinámico

Estos ejes de referencia sirven para identificar unívocamente los distintos elementos base de la representación del modelo: áreas de proceso, malla de proceso, ciclo de vida y tipo de colaboración.

Las áreas de proceso son un elemento común a la gran mayoría de modelos de madurez (CMMI, EIMM etc.) y he decidido mantener esta nomenclatura para facilitar el entendimiento de la representación de mi modelo dinámico de colaboración. Del mismo modo y con el objetivo de facilitar visualmente el posicionamiento de las áreas de proceso, empleo un código de colores que represente cada uno de los ejes: rojo para el sector (eje X), azul para el tamaño (eje Y) y verde para el rol (eje Z).

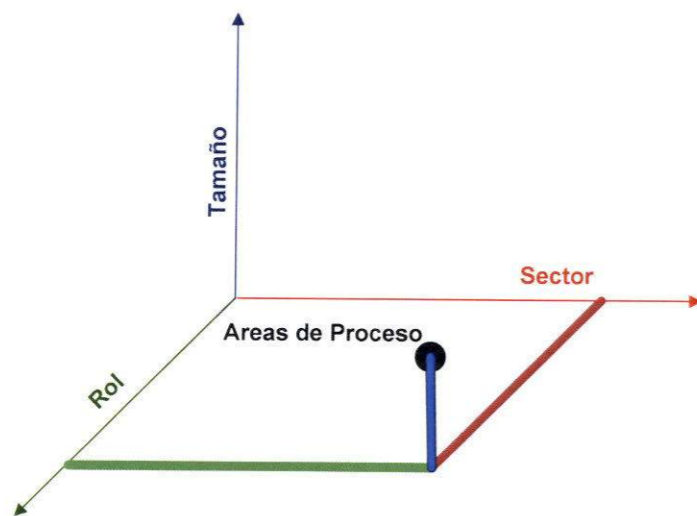


Figura 4-2: Área de proceso en el eje de coordenadas

La representación gráfica de la propia área de proceso es un círculo de color negro que se posiciona unívocamente en función del sector, tamaño y rol, tal y como se muestra en la Figura 4-2.

Una de las características más importantes de los modelos de colaboración e interoperabilidad es, como su propio nombre indica, la interacción entre dos o más organizaciones con la que conseguir un objetivo de negocio común, compartir infraestructuras tecnológicas, abordar conjuntamente la gestión de proyectos de gran envergadura que no podrían ser llevados a cabo si no se realiza en cooperación, etc. Sin embargo, aún siendo la propia comunicación de vital importancia, no existe en los modelos de colaboración actuales ningún elemento que simbolice precisamente ese concepto. Por este motivo, he decidido representar dicha colaboración, que he denominado *Malla de Procesos*, tal y como se muestra en la Figura 4-3.

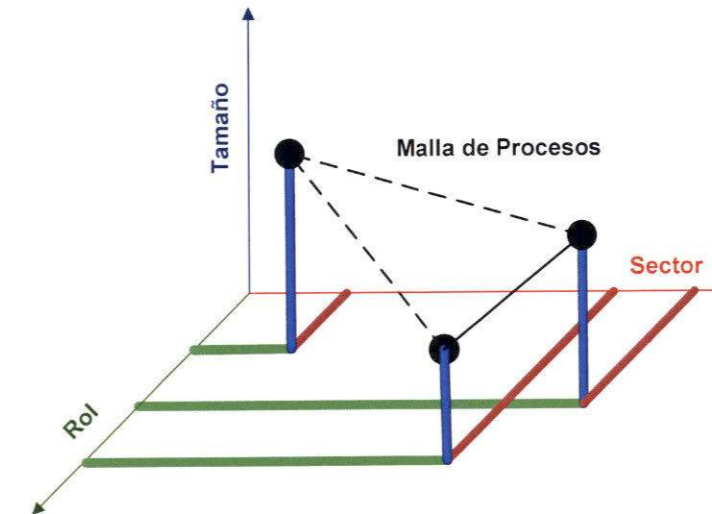


Figura 4-3: Malla de procesos en el eje de coordenadas

La malla de procesos la represento gráficamente mediante una línea discontinua en este caso de color negro. Claramente, el concepto de organización se puede aplicar incluso a departamentos, áreas o unidades de negocio de una misma empresa ya que en muchos casos funcionan como elementos estancos completamente independientes en el caso de, por ejemplo, multinacionales. El caso de colaboración dentro de una misma empresa, la comunicación entre las áreas de proceso la represento con una línea continua.

A continuación y con el objeto de mostrar diferentes posibilidades de esta representación, la aplico a diferentes configuraciones teóricas, añadiendo un ejemplo práctico para más claridad.

4.1.1 Configuraciones Teóricas

La colaboración entre tres organizaciones de un mismo sector con distintos tamaños y través de personas que desempeñan funciones con distinta responsabilidad lo represento de la forma siguiente.

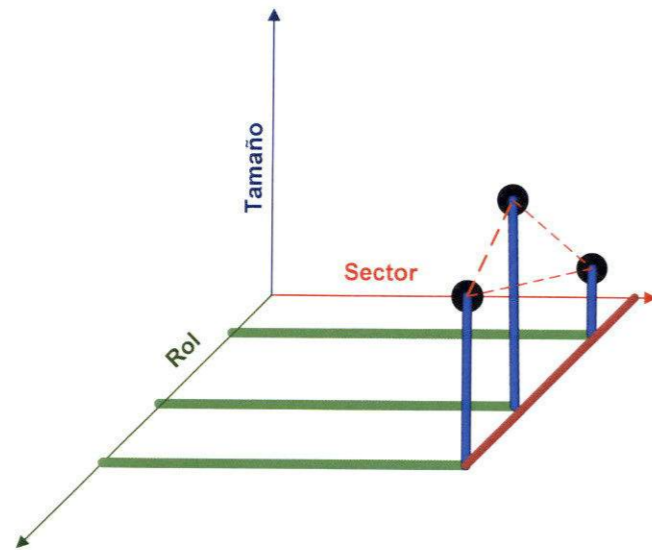


Figura 4-4: Colaboración para un mismo sector

En este caso, la malla de procesos está en *color rojo* en lugar de negro, tal y como se ha definido anteriormente, para permitir una visualización gráfica más clara en el caso de colaboraciones dentro de un mismo sector.

Esta Figura sería la representación de, por ejemplo, empresas del sector de la construcción que van a acometer un proyecto de envergadura a través de una Unión Temporal de Empresas (U.T.E.) o departamentos ubicados en distintos países de una empresa con presencia multinacional en sus mercados.

Otra posible colaboración entre organizaciones, es la de personas que tienen una misma responsabilidad en diferentes sectores (ver Figura 4-5). Al igual que en el anterior caso, para la malla de procesos utilizo un color diferente al negro: *color verde* para permitir una visualización gráfica más clara en el caso de colaboraciones entre mismos roles.

Un caso práctico representativo es, por ejemplo, la colaboración entre jefes de proyecto de una empresa desarrolladora software, una empresa electrónica y una empresa de bienes de equipo.

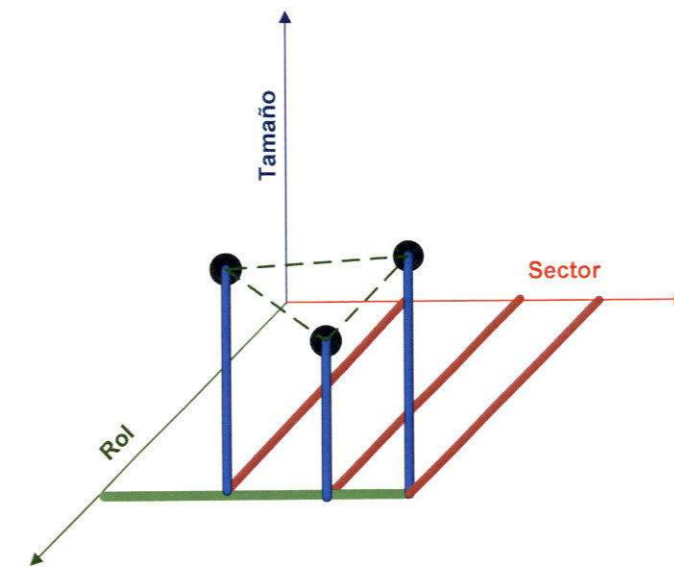


Figura 4-5: Colaboración para un mismo rol

Otro caso es el de organizaciones de tamaños similares que pertenecen a distintos sectores donde interactúan personas con diferente grado de responsabilidad. La malla de procesos se dibuja en *color azul* por los mismos motivos ya descritos. Esta figura 4-6 podría representar cualquiera de los casos analizados anteriormente debido a que el tamaño de la organización no es determinante para el ejemplo práctico aunque el contenido de las áreas de proceso en sí mismas debería tener en cuenta dicho factor.

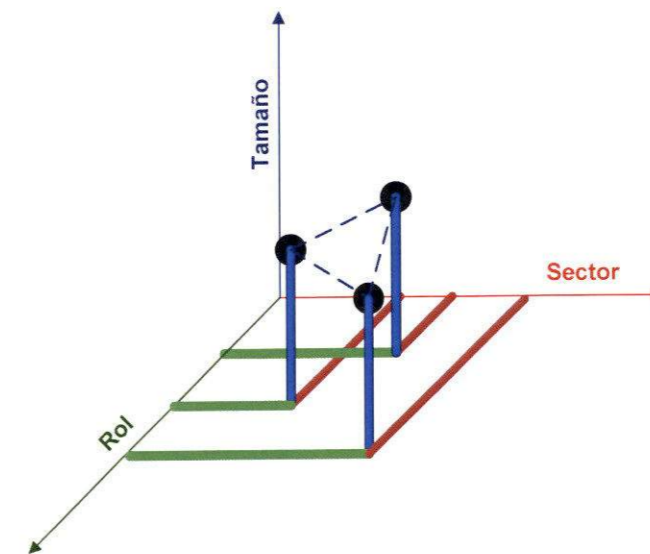


Figura 4-6: Colaboración para un mismo tamaño

No obstante, una representación de estas características podría servir para ilustrar la comunicación entre departamentos de una gran empresa (de ahí el mismo tamaño) que ha diversificado su negocio en sectores.

Finalmente, la combinación entre todas las configuraciones teóricas descritas da lugar al siguiente mapa y mallas de proceso (Figura 4-7).

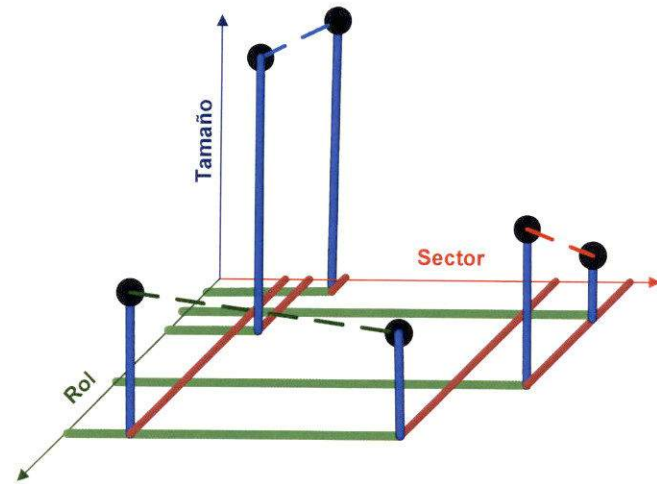


Figura 4-7: Combinación de configuraciones teóricas

Sin embargo, sería muy difícil que empresas de sectores tan diversos pudieran colaborar por lo que simplemente pretendo mostrar cómo quedarían dentro de los ejes de coordenadas las estructuras que he presentado anteriormente. De hecho, este esquema, dentro del concepto teórico al que me refiero, debería tener en cuenta colaboraciones entre áreas de proceso que no tengan en común ninguno de los factores. En la Figura 4-8 se muestra un ejemplo de cómo la relación se establece en función de la colaboración existente, es decir, sin englobar necesariamente todas las áreas de proceso representadas.

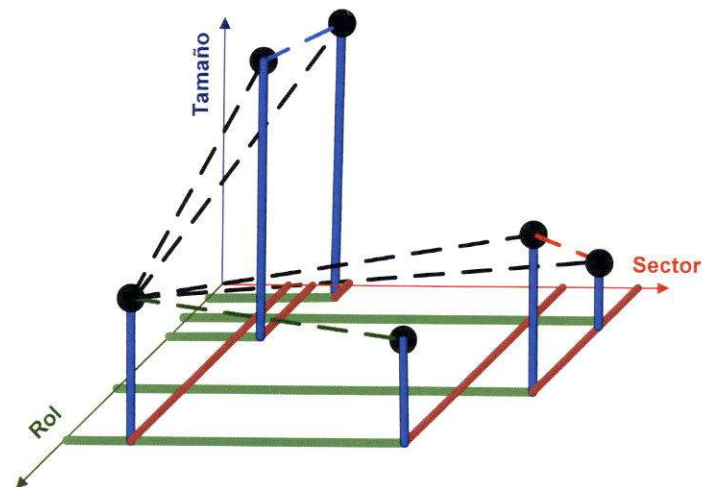


Figura 4-8: Combinación entre áreas sin ningún factor en común

El proceso de compras de una organización podría estar relacionado, por ejemplo, con el proceso de ventas de otra organización diferente pero quizás no es necesario que los procesos de ingeniería se comuniquen dentro de la propia colaboración por ciertas razones.

Ejemplo

Una vez definida la base de la representación del modelo, introduzco muy brevemente un ejemplo de colaboración empresarial con el objeto de ir ilustrando mi modelo en cuanto a estructura y representación.

Supongamos una empresa que se dedica a la fabricación de componentes para aviones y que tiene un proveedor de confianza para algunas tareas de diseño hardware. Este proveedor, a su vez, subcontrata parte del desarrollo software implícitamente asociado a uno de los componentes, a otra organización que no va a tener ningún tipo de contacto con la empresa de fabricación principal. Además, la empresa de fabricación tiene un número de empleados mayor que el resto de las compañías involucradas.

La representación gráfica de la estructura será la mostrada en la figura siguiente.

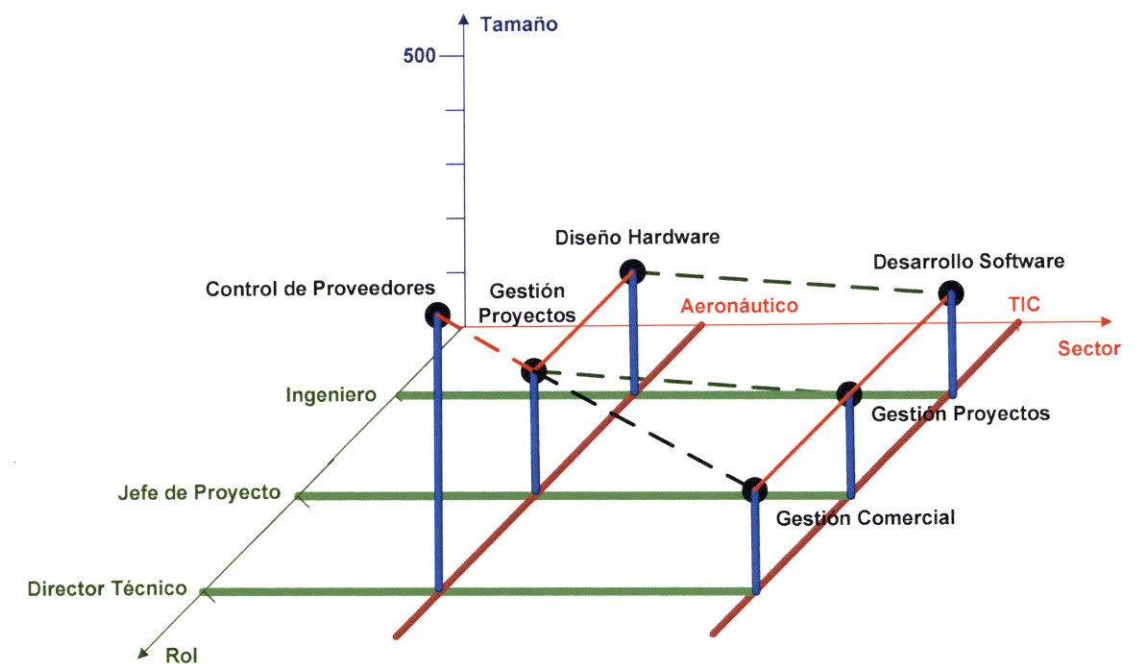


Figura 4-9: Representación de un ejemplo práctico

En el eje X (Aeronáutico, TIC) están representados los dos sectores: Aeronáutico y TIC, que se corresponden, por un lado, con la empresa de fabricación y su proveedor principal y, por otro lado, con la empresa desarrolladora de software; tres roles en el eje Z (Ingeniero, Jefe de Proyecto y Director Técnico) que se corresponden con responsabilidades acordes a los sectores indicados y un número de referencia relativo al tamaño de las organizaciones en el eje Y.

A su vez, la malla indica a través de qué áreas de proceso se va a realizar la colaboración entre las diferentes organizaciones, además de internamente en las empresas.

La empresa desarrolladora de software trabaja con los procesos de Gestión Comercial, Gestión de Proyectos y Desarrollo Software y la colaboración se produce dentro de la empresa (el hilo de malla es continuo). Además, cada uno de estos procesos interactúa con un proceso de la empresa proveedora principal: el proceso de Desarrollo Software con el proceso de Diseño Hardware representado a través del hilo discontinuo de color verde; el proceso de Gestión de Proyecto con otro proceso de Gestión de Proyecto representado a también través del hilo discontinuo de color verde y, por último, el proceso de Gestión Comercial con el proceso de Gestión de Proyecto a través del hilo discontinuo negro.

La empresa proveedora trabaja con los procesos de Diseño Hardware y Gestión de Proyectos y esta colaboración también se produce en la misma empresa por lo que el hilo de malla es continuo.

Finalmente, la empresa de fabricación trabaja únicamente con el proceso de Control de Proveedores para esta colaboración e interactúa con el proceso de Gestión de Proyectos de la empresa proveedora.

Si bien surgen algunos interrogantes que iré respondiendo en los apartados siguientes: ¿qué tipo de relación empresarial tienen estas organizaciones? ¿cómo se han establecido las colaboraciones y cómo han evolucionado en el tiempo?

4.1.2 Ciclo de Vida de Colaboración

Hasta ahora solo he tenido en cuenta los procesos relacionados con la ejecución de una actividad o proyecto concreto en un marco de colaboración entre varias organizaciones. No obstante, toda colaboración empresarial también incluye otro tipo de procesos que se podrían denominar operativos y que determinan cómo proceder durante el denominado ciclo de vida de la colaboración. Algunas investigaciones como [Eco06] han definido un conjunto de fases para el ciclo de vida de las CNOs (Collaborative Network Organizations).

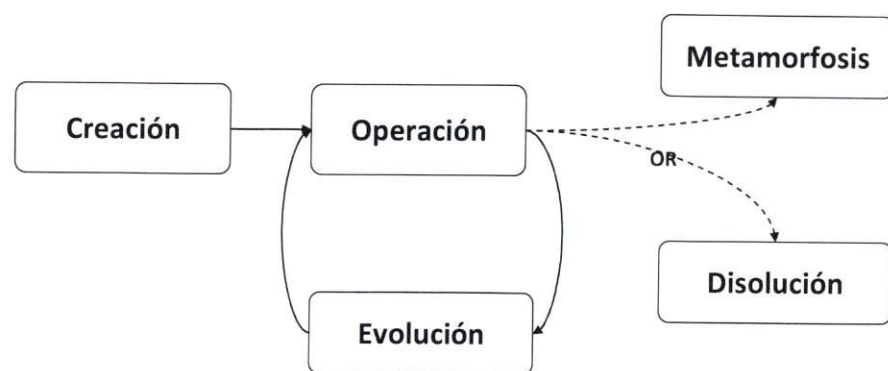


Figura 4-10: Ciclo de vida de colaboración [Eco06]

La fase de creación contiene todos aquellos mecanismos que determinan cómo proceder en el inicio del establecimiento de la colaboración. Por ejemplo, la redacción de los acuerdos de colaboración (podrían necesitar de asesoramiento legal), determinar el tipo de colaboración a realizar (relación cliente-proveedor, U.T.E., etc.) o qué parámetros utiliza una empresa para seleccionar los colaboradores, son prácticas que se deben tener en cuenta en esta fase.

Por otro lado, las fases de operación y evolución determinan todas aquellas prácticas relacionadas con el día a día de la colaboración entre las empresas. Por ejemplo, el cumplimiento y monitorización de los acuerdos de colaboración, mecanismos para resolución de conflictos, requisitos técnicos para la interoperabilidad entre sistemas, la definición de las responsabilidades de ciertos roles o la gestión de cambios que afecten a la relación, son prácticas que tienen cabida en estas fases.

Finalmente, las últimas fases del ciclo de vida de la colaboración son la metamorfosis o bien la disolución. En este caso, las prácticas podrían estar relacionadas con la explotación posterior de resultados comunes, condiciones para una posible fusión, derechos sobre una determinada propiedad intelectual o cambiar las condiciones de la colaboración.

Ciclo de Vida en la Estructura

El ciclo de vida de la colaboración introduce un plano paralelo de gestión para la propia red de empresas que resulta tan importante como la propia ejecución de una tarea o actividad para conseguir los objetivos de las organizaciones (ver Figura 4-11).

Represento una fase dentro de la estructura dinámica con un cuadrado de color negro mientras que la secuencia entre fases la indico a través de una línea discontinua que termina en una flecha también de ese color. Todo el ciclo de vida se recuadra con líneas discontinuas negras puesto que todas las fases se consideran parte de un conjunto relacionado independiente de la complejidad de la colaboración entre las empresas o internamente en las organizaciones. Es decir, independientemente de las áreas de proceso que compongan la malla, siempre estará representado este cuadro.



Figura 4-11: Ciclo de vida en la estructura del modelo

Por otro lado, una red de empresas podría tener ciclos de vida de colaboración diferentes con algunas de esas empresas. Por ejemplo, supongamos que la administración pública subcontrata el desarrollo de sus aplicaciones a una empresa proveedora de software y, a

su vez, ésta última empresa subcontrata parte de ese mismo desarrollo a otra empresa también proveedora de software. En este caso, la administración pública no tiene por qué conocer la existencia del tercer actor en esta colaboración empresarial y su ciclo de vida circunscribirse solo a la relación entre ella misma y su proveedor principal.

Si bien es cierto que este tipo de relación tendría unas fases de creación, operación y evolución, y metamorfosis o disolución muy sencillas, tampoco se puede descartar que se pudieran dar y sería conveniente tenerlas en cuenta en la estructura dinámica que describo en esta sección.

Por este motivo, para representar diferentes tipos de ciclos de vida en la estructura es necesario definir cómo se muestra una empresa y lo haré con un trazo discontinuo de punto-línea que parten de cada área de proceso perteneciente a una empresa, terminando en una *elipse* de color marrón (ver Figura 4-12).

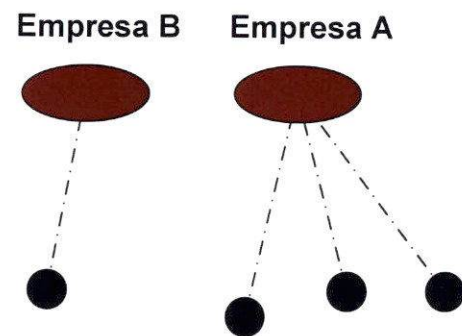


Figura 4-12: Representación de una empresa

Una vez que tenemos las empresas representadas en la estructura, para indicar las relaciones entre las empresas utilizo un *trazo libre* con formato dos puntos-línea, de tal manera que todas las empresas que se encuentren dentro de esta forma compartan un mismo ciclo de vida de colaboración (ver Figura 4-13).

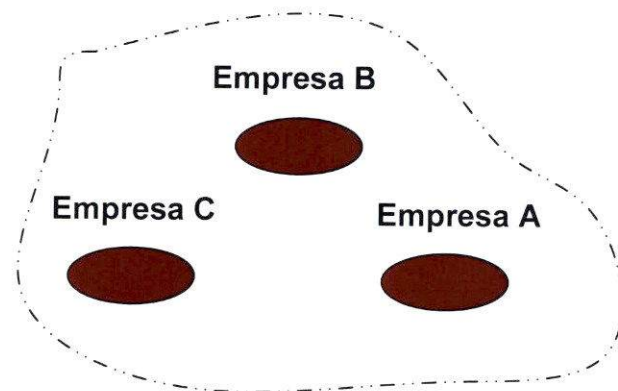


Figura 4-13: Representación del ciclo de vida de colaboración entre empresas

Volvamos a la representación gráfica del ejemplo práctico introducido en el apartado 4.1.1 para completarlo con el ciclo de vida de colaboración y la agrupación de empresas. En esta red de empresas participan tres organizaciones: un fabricante con una única área de proceso y una PYME del sector aeronáutico con dos áreas de proceso además de una PYME del sector TIC con tres áreas de proceso. Por consiguiente, tendremos tres elipses, como representación de cada una de ellas, y su unión con las respectivas áreas de proceso a través de un trazo discontinuo de puntos y líneas.

Por otro lado, suponiendo que el ciclo de vida de esta colaboración es diferente para la relación fabricante-PYME aeronáutica y la relación PYME aeronáutica-PYME TIC, habrá un trazo libre que las agrupa y que apunta de cada una de ellas a las fases del ciclo de vida de la colaboración. Este caso podría ser reflejo de una estrategia común entre PYMEs de distintos sectores donde se justificaría un ciclo de vida diferente con sus propias características.

Como norma general todas las empresas de la representación gráfica que compartan el mismo ciclo de vida de colaboración estarán agrupadas con una línea de trazo libre formada por dos puntos-línea (ver Figura 4-14).

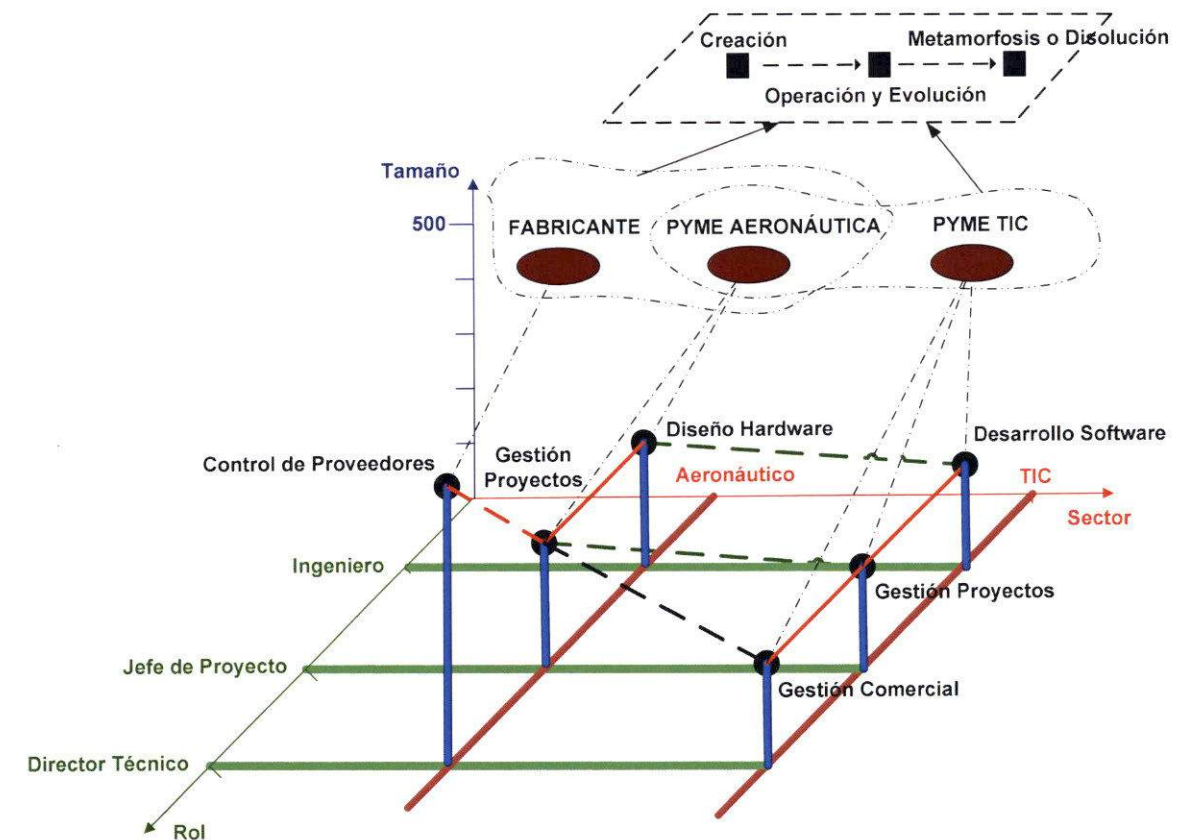


Figura 4-14: Representación de un ejemplo práctico

4.1.3 Tipos de Colaboración

Las fases del ciclo de vida de colaboración pueden verse condicionadas por el tipo de colaboraciones en las organizaciones dentro del mundo empresarial. No es lo mismo, por ejemplo, una alianza estratégica entre dos empresas para ser más fuertes en el mercado que una externalización de algunos procesos internos de una empresa.

La representación de los tipos de colaboración ofrece una imagen más precisa de la relación y condiciona la propia implantación de los procesos en cooperación. A continuación, describo las posibles tipologías:

Cadena de Suministro

Cuando un grupo de empresas que colaboran en los procesos de la cadena de valor de un producto (suministro, fabricación, distribución, etc.) desde el proveedor hasta el cliente final. En este caso la representación se realizará a través de las siglas **SC** (*Supply Chain*) recuadradas y situadas en el centro de la unión entre las empresas (ver Figura 4-15).



Figura 4-15: Representación de la cadena de suministro

Red de Empresas

Cuando un grupo de empresas que a priori tienen sinergias colaboran en la consecución de un objetivo común. En este caso lo represento con las siglas **CNO** (de *Collaborative Network Organisations*), (ver Figura 4-16). Este tipo de relación es muy amplio por lo que para concretar establezco cuatro subtipos:

- *Alianza estratégica*, representado por las siglas **SA** (*Strategic Alliance*).
- *Unión Temporal de Empresas (U.T.E.)*, con las siglas **UTE**.
- *Externalización*, con **EXT**.
- *Organización Interna*, referida a departamentos o divisiones dentro de una gran empresa que trabajan como silos independientes y los represento con las siglas **IO** (*Internal Organisation*).

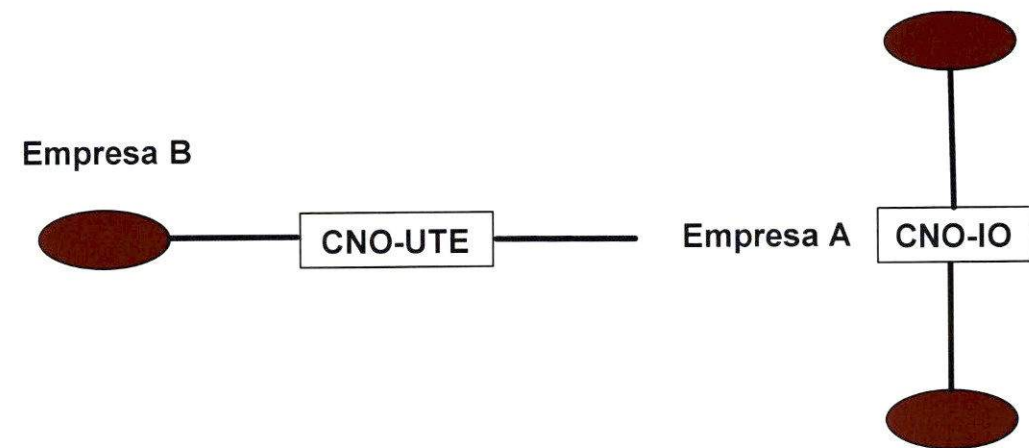


Figura 4-16: Representación de la red de empresas

Ecosistema de Negocio

Se da cuando un grupo de organizaciones compiten en un entorno descentralizado donde interactúan libremente bajo la presión del mercado. Este concepto puede aglutinar PYMEs, centros de investigación, universidades, grandes empresas, etc. En este caso, la representación de la estructura la realizo mediante las siglas **BE** (*Business Ecosystem*), (ver Figura 4-17).

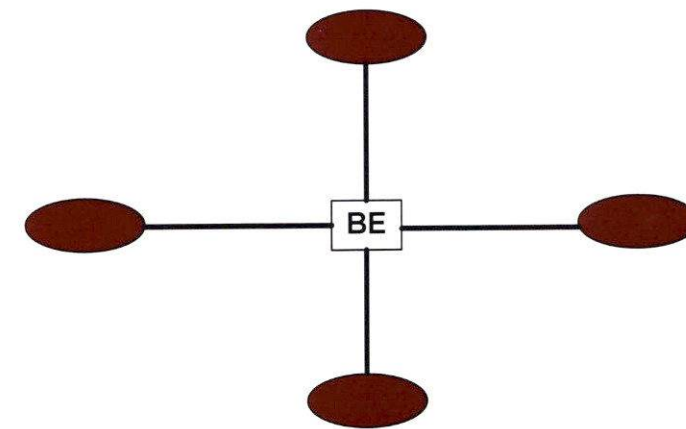


Figura 4-17: Representación del ecosistema de negocio

En el ejemplo práctico (ver apartado 4.1.1) el tipo de colaboración entre las tres empresas se engloba dentro del caso de la cadena de suministro. Su representación es la de la Figura 4-18.

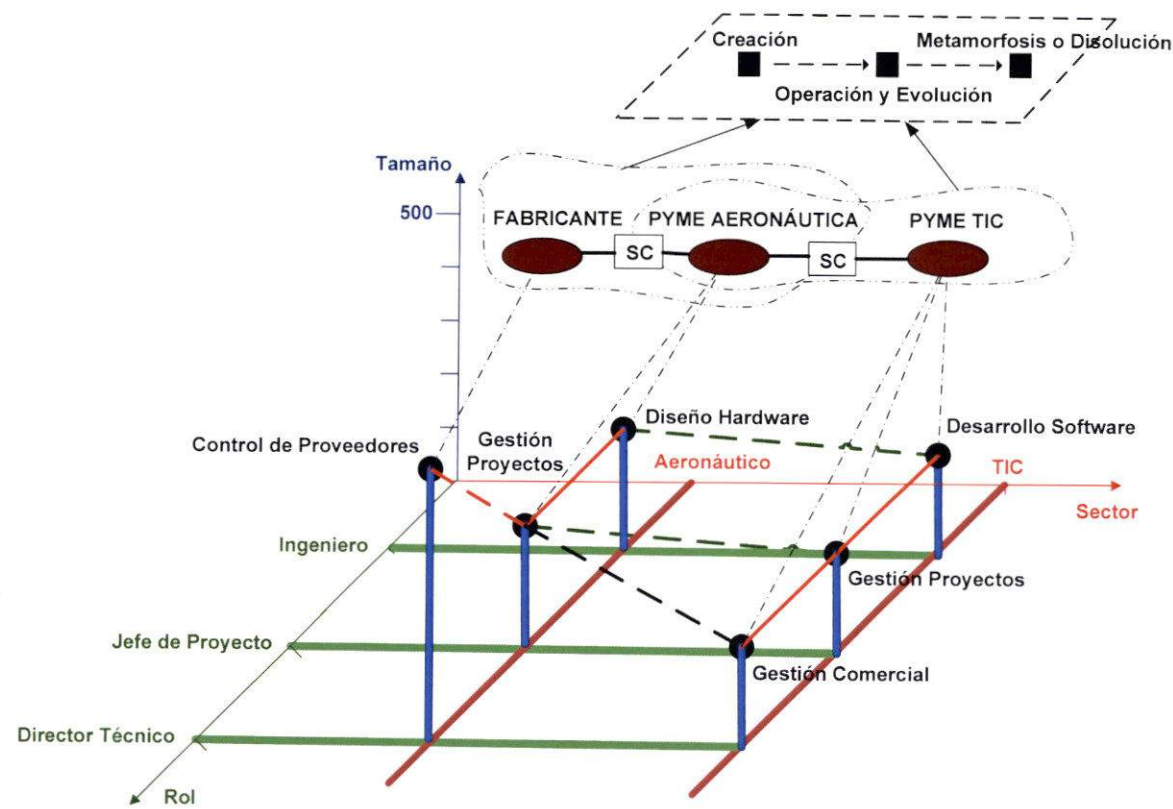


Figura 4-18: Representación del tipo de colaboración en el ejemplo práctico

4.1.4 Comparación entre Definiciones de Modelos

Los modelos de madurez orientados a la colaboración e interoperabilidad analizados en el estado del arte tienen una estructura diferente a la del modelo dinámico de procesos de colaboración que acabo de presentar (ver Tabla 4-1).

	Modelos de Colaboración	Modelo Dinámico
Niveles de Madurez	Contiene	No contiene
Interdependencia entre Procesos	No contiene	Contiene
Sector	Dependiente	Independiente
Tamaño	Dependiente	Independiente
Fases de Ciclo de Vida de Colaboración	La mayoría no contiene	Contiene
Tipos de Colaboración	No contiene de manera explícita	Contiene implícitamente

Tabla 4-1: Comparación entre definiciones de modelos

Una de las características principales de los modelos madurez en general es su estructuración en niveles de madurez (normalmente cinco) pero que no se aplica a mi modelo dinámico aportado en esta tesis; el cumplimiento y comprobación de la

colaboración entre las empresas dentro del modelo dinámico se realiza en base a conceptos diferentes a los niveles.

4.2 Comparación de Reglas Basadas en el Estándar SBVR

Una vez establecida la estructura y representación de los elementos de mi modelo, el paso siguiente es comparar el vocabulario y reglas de negocio escritas mediante el lenguaje de representación de reglas de negocio SBVR.

El proceso de comparación es un elemento clave para la creación y evaluación de mi modelo. Para llevar a cabo esta tarea, he desarrollado un generador de analizadores léxicos, sintácticos y semánticos basado en la herramienta ANTLR que interpreta las reglas escritas en el estándar y genera un árbol de sintaxis abstracta por cada vocabulario para que un sistema de información pueda procesar su contenido. La comparación entre los distintos árboles se realiza a través de la aplicación de tres fórmulas algebraicas y finaliza con la presentación de los diferentes grados de similitud encontrados en las reglas de negocio.

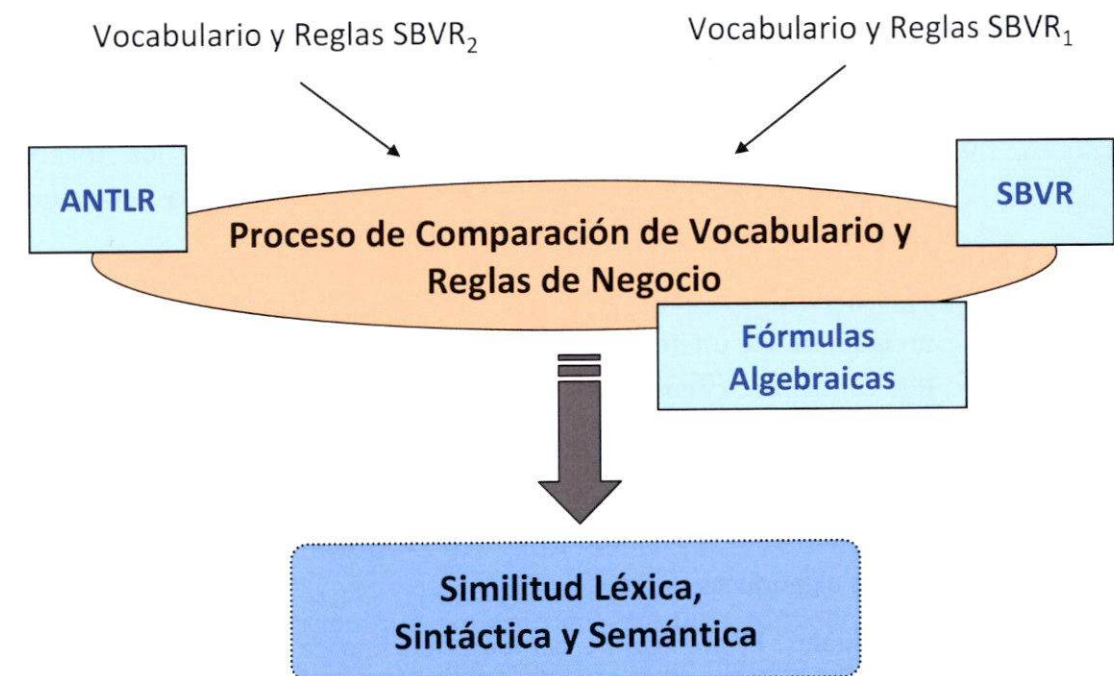


Figura 4-19: Elementos de la comparación de vocabularios y reglas SBVR

El proceso de comparación entre reglas SBVR puede ser utilizado independientemente de la definición del modelo dinámico de colaboración; sirve para encontrar similitudes entre cualquier regla definida bajo el estándar SBVR (Figura 4-19).

Visión General del Proceso de Comparación

El proceso de comparación se subdivide en las siguientes fases (Figura 4-20):

- **Transformación XML.** El vocabulario SBVR³ se representa a través de un formato XML [Sbv08] basado en el SBVR XML Schema⁴. El objetivo de esta fase es la interpretación de los ficheros XML para obtener los términos, tipos de hecho, hechos relacionados y reglas de negocio que conforman el vocabulario SBVR. Para ello, realiza una transformación del vocabulario en cadenas de texto escritas con un formato determinado para facilitar su posterior tratamiento en el *Analizador SBVR*.
- **Análisis.** El análisis lo realiza el analizador SBVR con el objeto de crear un Árbol de Sintaxis Abstracta o Abstract Syntax Tree (AST en su notación inglesa) a partir del vocabulario SBVR previamente procesado. Debido a la complejidad del analizador, esta fase se subdivide a su vez en los siguientes componentes característicos de la herramienta ANTLR:
 - *Analizador Léxico.* Una vez que se ha transformado el XML en cadenas de texto, el analizador léxico clasifica los caracteres recibidos en 'tokens', identificando las palabras reservadas que se definen en la especificación SBVR.
 - *Analizador Sintáctico.* Después de identificar y clasificar los 'tokens', el analizador sintáctico crea un primer AST basado en la estructura de vocabulario del estándar SBVR.
 - *Analizador Semántico.* Tras la creación del primer AST, éste analizador por un lado, define un iterador de dicho AST y, por otro lado, crea el AST final que contiene los significados semánticos equivalentes.
- **Comparación de Árboles SBVR.** Esta fase trabaja con dos AST, pertenecientes cada uno de ellos a los vocabularios SBVR que se desea comparar. Su objetivo principal es determinar la similitud de ambos vocabularios aplicando un conjunto de ecuaciones algebraicas.
- **Resultados Finales.** El proceso de comparación finaliza con una representación porcentual que muestra el grado de similitud de los vocabularios SBVR en distintos niveles: léxico, sintáctico y semántico.

³ Vocabulario SBVR hace referencia de forma genérica al vocabulario y reglas de negocio escritas con el estándar SBVR

⁴ <http://www.omg.org/spec/SBVR/20070901/SBVR.xsd>

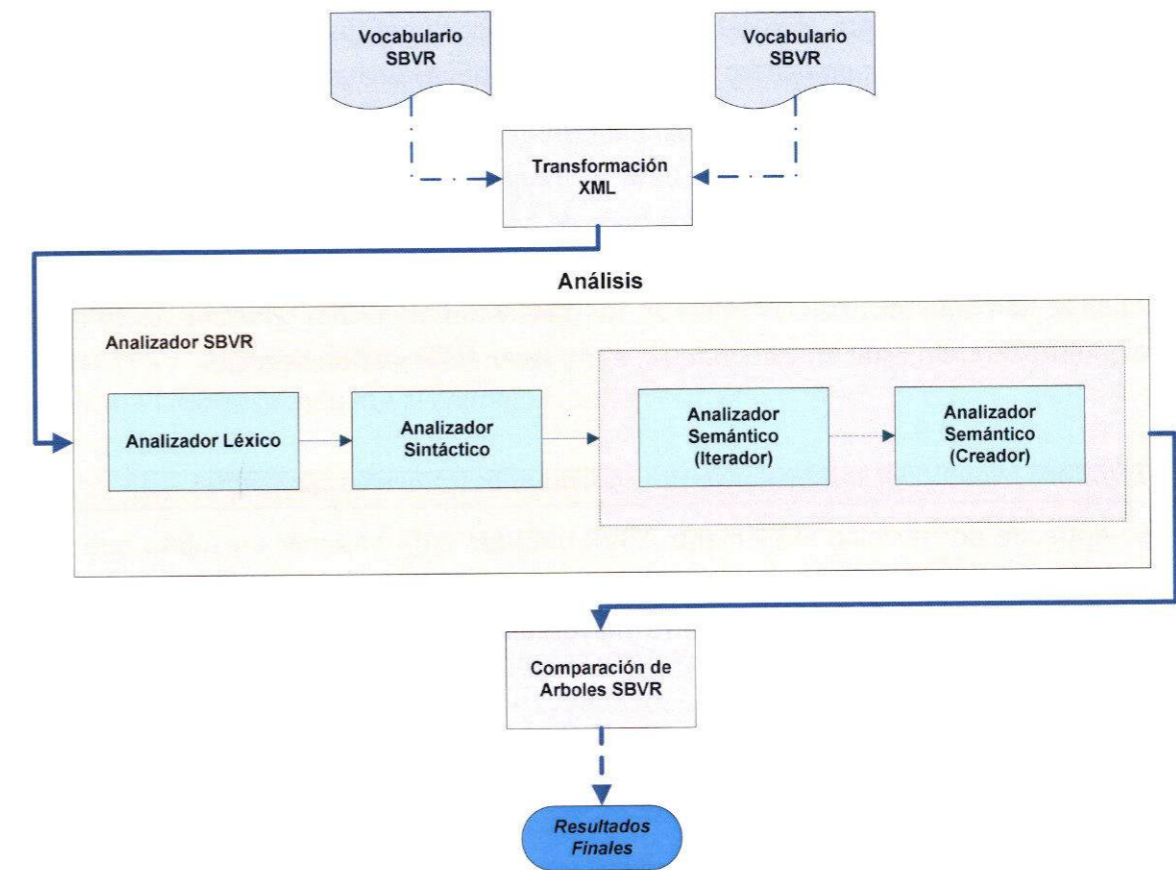


Figura 4-20: Fases del proceso de comparación

4.2.1 Primera Fase: Transformación XML

El estándar SBVR define su vocabulario y reglas mediante dos notaciones diferentes: una que se denomina notación estructurada del inglés para SBVR formada por cuatro fuentes (*term*, *Name*, *verb* y *keyword*) y otra que utiliza documentos XML estructurados, relacionados con un esquema basado en XMI (XML Metadata Interchange) a partir del metamodelo SBVR.

El proceso de comparación que presento en esta tesis considera esta última notación basada en **documentos XML**, ya que proporciona un método estándar para modelar el vocabulario SBVR y facilita la interoperabilidad entre diferentes sistemas de información. El vocabulario y reglas de negocio se expresan en términos de SBVR utilizando el formato XML conforme con el esquema XMI creado a partir del metamodelo SBVR.

Por otro lado, durante la transformación del documento XML se genera un fichero de texto cuya composición se asemeja a la notación estructurada en inglés; es posible identificar sus cuatro fuentes a partir de una combinación de caracteres determinado que explico posteriormente. Por lo tanto, aunque el proceso de comparación se basa en

estructurar inicialmente el vocabulario SBVR con documentos XML, también es posible realizar esta tarea con un fichero de texto que identifica las cuatro notaciones.

A continuación, presento cómo trabaja la fase de Transformación XML para cada uno de los tres elementos en los que se basa el *mantra* de SBVR “reglas de negocio deben construirse sobre tipos de hecho y los tipos de hecho se construyen a partir de conceptos expresados en términos” ya que es la base para construir cualquier vocabulario SBVR. Además, también tengo en cuenta la posibilidad de definir *hechos relacionados* como otro elemento que, sin estar en este *mantra*, enriquecen las reglas de negocio.

Términos (Noun Concepts) y Conceptos Individuales (Individual Concepts)

Se entiende por término al elemento SBVR utilizado para designar un sujeto que forma parte de un vocabulario definido mientras que concepto individual designa un nombre que normalmente comienza con letra mayúscula y que también contempla el uso de números.

El siguiente ejemplo define un posible vocabulario muy sencillo basado en SBVR.

```
project
```

```
    Synonym: scheme
```

```
Oracle
```

```
    General Concept: database
```

El vocabulario está compuesto por un nombre (*project*) y su sinónimo (*scheme*) así como por un concepto individual (*Oracle*) y su concepto general (*database*). El equivalente en XML que representa el metamodelo SBVR para este vocabulario sería:

```
<sbvr:term xmi:id="project" significier="project-t" meaning="project-c"/>
<sbvr:objectType xmi:id="project-c"/>
<sbvr:text xmi:id="project-t" value="project"/>
<sbvr:term xmi:id="scheme" significier="scheme-t" meaning="scheme-c"/>
<sbvr:objectType xmi:id="scheme-c"/>
<sbvr:text xmi:id="scheme-t" value="scheme"/>
<sbvr:thing1IsThing2 thing1="scheme" thing2="project"/>
<sbvr:individualConcept xmi:id="Oracle-c"/>
<sbvr:text xmi:id="Oracle-t" value="Oracle"/>
<sbvr:concept1SpecializesConcept2 concept1="Oracle-c"
concept2="database-c"/>
```

La primera fase del proceso de comparación recibe, estructurados de esta manera, los términos y conceptos individuales que componen el vocabulario SBVR y realiza la siguiente transformación del XML para obtener el texto siguiente:

```
"project"_scheme_;
```

```
`Oracle'_database_;
```

La interpretación del documento XML para los términos y conceptos individuales se basa en las etiquetas del esquema SBVR que deben seguir el mismo orden de secuencia. En la Tabla 4-2 la correspondiente al ejemplo anterior.

Elemento SBVR	Etiqueta XML
Términos	sbvr:term
	sbvr:objectType
	sbvr:text
	sbvr:thing1IsThing2 (opcional)
Conceptos Individuales	sbvr:individualConcept
	sbvr:text
	sbvr:concept1SpecializesConcept2 (opcional)

Tabla 4-2: Etiquetas XML para Términos y Conceptos Individuales

Una vez realizada la transformación del XML es fácil reconocer el propio contenido (nombre y sinónimo) ya que, sin llegar a obtener exactamente la notación estructurada en inglés, se podría considerar que es muy parecida. La estructura general que se obtiene como resultado de la fase de *Transformación XML* para los términos y conceptos individuales es el propio término entre comillas dobles o entre comillas simples en caso de ser un nombre propio, seguido de un guión bajo que marca el inicio de los sinónimos o de los conceptos que lo generalizan; a continuación estarían los sinónimos o conceptos generales (en caso de existir) separados por comas y se terminaría con otro guión bajo, que marcaría el final, seguido de un punto y coma.

Con sinónimos o conceptos generales:

```
"TERM" _SYNONYM1, SYNONYM2, . . . , SYNONYMN _;
```

```
`NAME' _TERM1, TERM2, . . . , TERMN _;
```

Sin sinónimos ni conceptos generales:

```
"TERM" ;
```

```
`NAME' ;
```

Tipos de Hecho (Fact Types)

Son relaciones entre términos a través de formas verbales. El siguiente ejemplo define un tipo de hecho (*fact type*) basado en SBVR:

project has task

Este tipo de hecho contiene un término (*project*) que se relaciona con otro término (*task*) a través de un verbo (*has*). Todos los términos que componen un tipo de hecho deben definirse en el documento XML, por tanto, tendría que añadir la del término *task* con sus etiquetas XML correspondientes pero no lo he hecho porque no añade un valor significativo a la explicación. El equivalente en XML que representa el metamodelo SBVR para este tipo de hecho queda como sigue:

```
<sbvr:sententialForm xmi:id="projectHasTask" expression="pht-t"
meaning="pht-c" placeholder="pht-p1 pht-p2"/>
```

```
<sbvr:factType xmi:id="pht-c" role="pht-r1 pht-r2"/>
```

```
<sbvr:factTypeFormDemonstratesDesignation
factTypeForm="projectHasTask" designation="has"/>
```

```
<sbvr:designation xmi:id="has" significier="has-t" meaning="pht-c"/>
```

```
<sbvr:text xmi:id="pht-t" value="project has task"/>
```

```
<sbvr:text xmi:id="has-t" value="has"/>
```

```
<sbvr:placeholder xmi:id="pht-p1" expression="project-t"
startingCharacterPosition="i1" meaning="pht-r1"/>
```

```
<sbvr:placeholderUsesDesignation placeholder="pht-p1"
designation="project"/>
```

```
<sbvr:concept1SpecializesConcept2 concept1="pht-r1"
concept2="project-c"/>
```

```
<sbvr:factTypeRole xmi:id="pht-r1"/>
```

```
<sbvr:positiveInteger xmi:id="i1" value="1"/>
```

```
<sbvr:placeholder xmi:id="pht-p2" expression="task-t"
startingCharacterPosition="i18" meaning="pht-r2"/>
```

```
<sbvr:placeholderUsesDesignation placeholder="pht-p2"
designation="task"/>
```

```
<sbvr:concept1SpecializesConcept2 concept1="pht-r2" concept2="task-
c"/>
```

```
<sbvr:factTypeRole xmi:id="pht-r2"/>
```

```
<sbvr:positiveInteger xmi:id="i18" value="18"/>
```

En este caso, la primera fase del proceso de comparación recibe, estructurada de esta manera, el tipo de hecho que compone esta parte del vocabulario SBVR y realiza la siguiente transformación del XML para obtener el texto que se muestra a continuación:

```
"project" #has# "task";
```

De este modo y al igual que el ejemplo anterior, el resultado es muy parecido a su notación estructurada en inglés aunque con la aplicación de un conjunto de caracteres de texto que simbolizan las fuentes de la especificación SBVR.

En este caso, las etiquetas XML que definen los tipos de hecho difieren en su mayor parte de las empleadas para los términos y conceptos individuales (ver Tabla 4-3).

Elemento SBVR	Etiqueta XML
Tipo de Hecho	sbvr:sententialForm
	sbvr:factType
	sbvr:factTypeFormDemonstratesDesignation
	sbvr:designation
	sbvr:text (contiene el tipo de hecho)
Términos del Tipo de Hecho (máximo 2)	sbvr:text (contiene el verbo)
	sbvr:thing1IsThing2 (opcional)
	sbvr:placeholder
	sbvr:placeholderUsesDesignation
	sbvr:concept1SpecializesConcept2
	sbvr:factTypeRole
	sbvr:positiveInteger

Tabla 4-3: Etiquetas XML para Tipos de Hecho

Para facilitar tanto la comprensión del contenido de dichas etiquetas como el procesamiento de identificación del contenido del documento XML en esta primera fase, he seguido las normas siguientes:

- En el atributo *xmi:id* de la etiqueta *sbvr:sententialForm* se asigna un valor que se corresponde con el propio tipo de hecho sin espacios en blanco, con el primer carácter del primer término en minúscula y con el primer carácter de los siguientes elementos que componen el tipo de hecho en mayúscula.

- En los atributos *expression* y *meaning* de la etiqueta *sbvr:sententialForm* así como los atributos *xmi:id* de las etiquetas *sbvr:factType*, *sbvr:designation*, *sbvr:text* (contiene el tipo de hecho), *sbvr:placeholder*, *sbvr:placeholderUsesDesignation*, *sbvr:concept1SpecializesConcept2* y *sbvr:factTypeRole*, se asigna un valor compuesto por las iniciales en minúscula de cada uno de los elementos que componen el tipo de hecho seguido de un guión y una letra determinada.

Por otro lado, los sinónimos de los tipos de hecho se representan, en caso de que existan, con la etiqueta *sbvr:thing1IsThing2* una vez que todos los tipos de hecho se hayan definido en el XML con sus etiquetas correspondientes.

La estructura general que se obtiene como resultado de la *Transformación XML* para los tipos de hecho es el primer término entre comillas dobles seguido del verbo entre almohadillas y el segundo término (en caso de existir) también entre comillas dobles; a continuación estarían cada uno de los sinónimos (en caso de existir) separados por comas y se terminaría con otro guión bajo, que marcaría el final de todos los sinónimos, seguido de un punto y coma.

Con sinónimos:

```
"TERM1" #VERB# "TERM2" _SYNONYM1, SYNONYM2, ..., SYNONYMN;
```

- SYNONYM_N tiene la estructura "TERM₁" #VERB# "TERM₂"

Sin sinónimos:

```
"TERM1" #VERB# "TERM2";
```

Sin segundo término:

```
"TERM" #VERB#;
```

Hechos Relacionados (Related Facts)

Se refieren a hechos conocidos dentro del contexto de significados compartidos que ayudan a comprender mejor las reglas SBVR a una persona de negocio.

Los hechos relacionados que indico como ejemplo (ver Tabla 4-4) se corresponden con las cuatro tipologías que esta fase va a procesar:

```
The noun concept 'rental duration' is a role that ranges over the noun concept 'duration'
```

```
The noun concept 'driver' is a facet of the noun concept 'person'
```

```
The noun concept 'branch' is a category of the noun concept 'rental organization unit'
```

```
review is periodically or every week or every month
```

El primer hecho relacionado determina cómo un término (*rental duration*) ejerce un rol que también es atribuible a otro término (*duration*); el segundo hecho relacionado

identifica un término (*driver*) que se engloba dentro de otro término más genérico (*person*) y que por lo tanto también lo incluye; el tercer hecho relacionado define cómo un término (*branch*) es una tipología de otro (*rental organization unit*); el último hecho relacionado especifica los posibles conceptos individuales (*periodically or every week or every month*) que a un término (*review*) se le podría asignar.

Tipo de Hecho	Etiqueta XML
role	<i>sbvr:is-role-ofFactType</i>
facet	<i>sbvr:is-facet-ofFactType</i>
category	<i>sbvr:categorizationFactType</i>
individual	<i>sbvr:specializationFactType</i> (por cada uno)

Tabla 4-4: Etiquetas XML para los Hechos Relacionados

El equivalente en XML de estos hechos relacionados se muestra a continuación:

```
<sbvr:is-role-ofFactType xmi:id="rental duration"
designation="duration" />
<sbvr:is-facet-ofFactType xmi:id="driver" designation="person" />
<sbvr:categorizationFactType xmi:id="branch" designation="rental
organization" />
<sbvr:specializationFactType xmi:id="review"
designation="periodically" />
<sbvr:specializationFactType xmi:id="review" designation="every week"
/>
<sbvr:specializationFactType xmi:id="review" designation="every
month" />
```

El resultado obtenido después de transformar este documento XML sería el siguiente:

```
{rental duration} <role> {duration};
{driver} <facet> {person};
{branch} <category> {rental organization};
{review} <is> {periodically}, {every week}, {every month};
```

El valor asignado a los atributos *xmi:id* de cada una de estas etiquetas se debe corresponder con al valor del atributo *xmi:id* de alguna etiqueta *sbvr:term* dentro del documento XML para relacionarlo con un término del vocabulario SBVR. En cambio, los valores asignados a los atributos *designation* se identifican por sí mismos sin necesidad de relación con ninguna otra etiqueta.

La estructura general que se obtiene como resultado de la *Transformación XML* para los hechos relacionados es: el primer término entre llaves seguido de una palabra clave (*role*, *facet*, *category* o *is/are*) entre corchetes angulares y el segundo término también entre llaves para finalizar con un punto y coma.

```
Role:           {TERM1} <role> {TERM2};
Facet:          {TERM1} <facet> {TERM2};
Category:       {TERM1} <category> {TERM2};
Individual:     {TERM1} <is/are> {IC1}, {IC2}, ..., {ICN};
```

Reglas de Negocio (Business Rules)

Las reglas de negocio están compuestas por tipos de hecho y son un guía de modalidad alética y deóntica para expresar necesidad, posibilidad, imposibilidad, obligación, permiso y prohibición en el ámbito de los negocios.

El siguiente ejemplo define una regla de negocio escrita en SBVR:

```
It is necessary that each collaborative team of a project is established
with relevant stakeholders of the collaborative network
```

La representación de ésta regla de negocio comienza con un operador modal que formula necesidad (*It is necessary that*); contiene un cuantificador universal (*each*); también emplea otro tipo de palabras clave que sirven para formar las reglas (*a* y *the*); finalmente, incluye los términos (*collaborative team*, *project*, *relevant stakeholders* y *collaborative network*) y verbos (*of* y *is established with*) que estarían ya enunciados en los tipos de hecho.

El equivalente en XML de la propia regla de negocio sin incluir la definición de términos ni de tipos de hecho de la regla, sería la siguiente:

```
<sbvr:necessityStatement xmi:id="nstmt1" expression="nstmt1-t"
meaning="nstmt1-p"/>
<sbvr:text xmi:id="nstmt1-t" value="It is necessary that each
collaborative team of a project is established with relevant
stakeholders of the collaborative network"/>
<sbvr:universalQuantification xmi:id="uq1_1-e"/>
<sbvr:text xmi:id="uq1_1-e" value="each"/>
<sbvr:universalQuantification xmi:id="uq-a"/>
<sbvr:text xmi:id="uq1_1-a" value="a"/>
<sbvr:roleBinding xmi:id="bind1-the" name="the"/>
```

```
<sbvr:roleBindingBindsToBindableTarget roleBinding="bind1-the"
bindableTarget="collaborative network"/>
```

La implementación de la regla de negocio en XML se sustenta, por un lado, en asignar la propia definición de la regla a un atributo (*value*) de una etiqueta concreta (*sbvr:text*) y, por otro lado, en definir los elementos que la conforman sin tener en cuenta los tipos de hecho y términos o conceptos individuales puesto que deben ser definidos anteriormente dentro del documento XML. En este caso, los elementos *each*, *a* y *the* se especifican concretamente a través de sus etiquetas (*sbvr:universalQuantification* y *sbvr:roleBinding*) y su valor del atributo *value* en la etiqueta *sbvr:text* que las sucede. El operador modal *it is necessary that* también queda identificado por una etiqueta concreta (*sbvr:necessityStatement*) aunque su propio valor se incluye dentro de la definición de la propia regla en la etiqueta *sbvr:text* que la sucede.

La escritura de las reglas de negocio abarca un gran número de variantes que se definen a través de distintas palabras claves (*key words*) identificadas en la especificación SBVR y que se emplean para formular la lógica de las reglas. Las principales son: cuantificadores, operadores lógicos, operadores modales, auxiliares de verbo que expresan lo mismo que un operador modal y lo que se denomina como *otras palabras clave*.

Todas estas posibilidades repercuten en un gran número de etiquetas que define el esquema SBVR y que esta primera fase del proceso de comparación deberá interpretar para transformar el XML en texto que emule las cuatro notaciones, al igual que se realiza con los términos y conceptos individuales, tipos de hechos y hechos relacionados.

El esquema SBVR de la especificación ofrece la suficiente libertad como para que las reglas de negocio del documento XML puedan diferir en las etiquetas que se empleen siempre y cuando cumplan con el esquema y no varíe el significado. En esta fase del proceso de comparación tengo en cuenta las etiquetas XML cuya descripción se recoge en las tablas 4-5 a 4-8.

Operador Modal	Etiqueta XML
It is obligatory that ...must...	<pre><sbvr:obligationStatement xmi:id="ostmt" expression="ostmt-t" meaning="ostmt-p"/> <sbvr:text xmi:id="ostmt-t" value="It is obligatory that..."/></pre> <p style="text-align: center;">○</p> <pre><sbvr:text xmi:id="ostmt-t" value="...must..."/></pre>
It is prohibited that ...must not...	<pre><sbvr:prohibitionStatement xmi:id="pstmt" expression="pstmt-t" meaning="pstmt-p"/> <sbvr:text xmi:id="pstmt-t" value="It is prohibited that..."/></pre> <p style="text-align: center;">○</p> <pre><sbvr:text xmi:id="pstmt-t" value="...must not..."/></pre>
It is necessary that ...always...	<pre><sbvr:necessityStatement xmi:id="nstmt" expression="nstmt-t" meaning="nstmt-p"/> <sbvr:text xmi:id="nstmt-t" value="It is necessary that..."/></pre> <p style="text-align: center;">○</p> <pre><sbvr:text xmi:id="nstmt-t" value="...always..."/></pre>
It is impossible that ...never...	<pre><sbvr:impossibilityStatement xmi:id="istmt" expression="istmt-t" meaning="istmt-p"/> <sbvr:text xmi:id="istmt-t" value="It is impossible that..."/></pre> <p style="text-align: center;">○</p> <pre><sbvr:text xmi:id="istmt-t" value="...never..."/></pre>
It is possible that	<pre><sbvr:possibilityStatement xmi:id="postmt" expression="postmt-t" meaning="postmt-p"/> <sbvr:text xmi:id="postmt-t" value="It is possible that..."/></pre>
It is permitted that ...may...	<pre><sbvr:permissionStatement xmi:id="pestmt" expression="pestmt-t" meaning="pestmt-p"/> <sbvr:text xmi:id="pestmt-t" value="It is permitted that..."/></pre> <p style="text-align: center;">○</p> <pre><sbvr:text xmi:id="pestmt-t" value="...may..."/></pre>

Tabla 4-5: Etiquetas XML para los Operadores Modales

Cuantificadores	Etiqueta XML
each	<pre><sbvr:universalQuantification xmi:id="uq-e"/> <sbvr:text xmi:id="uq-e" value="each"/></pre>
some	<pre><sbvr:existentialQuantification xmi:id="eq-s"/> <sbvr:text xmi:id="eq-s" value="some"/></pre> <p style="text-align: center;">○</p>
at least one	<pre><sbvr:existentialQuantification xmi:id="eq-a"/> <sbvr:text xmi:id="eq-a" value="at least one"/></pre>
at least n more than one	<pre><sbvr:at-least-nQuantification xmi:id="atnq" minimumCardinality="iN"/> <sbvr:positiveInteger xmi:id="iN" value="N"/></pre>
at most one	<pre><sbvr:at-most-oneQuantification xmi:id="amo"/></pre>
at most n	<pre><sbvr:at-most-nQuantification xmi:id="amn" maximumCardinality="iN"/> <sbvr:positiveInteger xmi:id="iN" value="N"/></pre>
exactly one	<pre><sbvr:exactly-oneQuantification xmi:id="eo"/></pre>
exactly n	<pre><sbvr:exactly-nQuantification xmi:id="en" cardinality="iN"/> <sbvr:positiveInteger xmi:id="iN" value="N"/></pre>
at least n and at most m	<pre><sbvr:numericRangeQuantification xmi:id="nrq" scopeFormulation="atom" minimumCardinality="iN" maximumCardinality="iM" /> <sbvr:positiveInteger xmi:id="iN" value="N"/> <sbvr:positiveInteger xmi:id="iM" value="M"/></pre>

Tabla 4-6: Etiquetas XML para los Cuantificadores

Siguiendo con el ejemplo, en la fase de *Transformación XML* se convierte la regla de negocio recibida en XML, en el siguiente texto:

```
<it is necessary that> <each> "collaborative team" #of# <a> "project"
#is established with# "relevant stakeholders" #of# <the>
"collaborative network";
```

La transformación del XML de las reglas de negocio es mucho más compleja que la transformación de términos, conceptos individuales, tipos de hecho y hechos relacionados, no solo por el gran número de etiquetas que te permite el esquema SBVR y que se deben contemplar en esta fase, sino también por la necesidad de emplear las definiciones XML de términos, conceptos individuales y tipos de hecho para clasificar correctamente cada elemento del contenido de la regla.

Operadores Lógicos	Etiqueta XML
It is not the case that <i>p</i>	<code><sbvr:logicalNegation xmi:id="ln"/></code>
<i>p</i> and <i>q</i>	<code><sbvr:conjunction xmi:id="conj" logicalOperand1="conj-1" logicalOperand2="conj-2"/> <sbvr:text xmi:id="conj-1" value="\$p"/> <sbvr:text xmi:id="conj-2" value="\$q"/></code>
<i>p</i> or <i>q</i>	<code><sbvr:disjunction xmi:id="dis" logicalOperand1="dis-1" logicalOperand2="dis-2"/> <sbvr:text xmi:id="dis-1" value="\$p"/> <sbvr:text xmi:id="dis-2" value="\$q"/></code>
<i>p</i> or <i>q</i> but not both	<code><sbvr:exclusiveDisjunction xmi:id="edis" logicalOperand1="edis-1" logicalOperand2="edis-2"/> <sbvr:text xmi:id="edis-1" value="\$p"/> <sbvr:text xmi:id="edis-2" value="\$q"/></code>
if <i>p</i> then <i>q</i> o <i>q</i> if <i>p</i>	<code><sbvr:implication xmi:id="imp" consequent="imp-q" antecedent="imp-p"/> <sbvr:text xmi:id="imp-q" value="\$q"/> <sbvr:text xmi:id="imp-p" value="\$p"/></code>
<i>p</i> if and only if <i>q</i> o <i>p</i> only if <i>q</i>	<code><sbvr:equivalence xmi:id="equiv" logicalOperand1="equiv-p" logicalOperand2="equiv-q"/> <sbvr:text xmi:id="equiv-p" value="\$p"/> <sbvr:text xmi:id="equiv-q" value="\$q"/></code>
not both <i>p</i> and <i>q</i>	<code><sbvr:nandFormulation xmi:id="nanform" logicalOperand1="nanform-p" logicalOperand2="nanform-q"/> <sbvr:text xmi:id="nanform-p" value="\$p"/> <sbvr:text xmi:id="nanform-q" value="\$q"/></code>
neither <i>p</i> nor <i>q</i>	<code><sbvr:norFormulation xmi:id="norform" logicalOperand1="norform-p" logicalOperand2="norform-q"/> <sbvr:text xmi:id="norform-p" value="\$p"/> <sbvr:text xmi:id="norform-q" value="\$q"/></code>
<i>p</i> whether or not <i>q</i>	<code><sbvr:whether-or-notFormulation xmi:id="wonform" inconsequent="wonform-p" consequent="wonform-q"/> <sbvr:text xmi:id="wonform-p" value="\$p"/> <sbvr:text xmi:id="wonform-q" value="\$q"/></code>

Tabla 4-7: Etiquetas XML para los Operadores Lógicos

Otros	Etiqueta XML
the	<code><sbvr:roleBinding xmi:id="bind-the" name="the"/> <sbvr:roleBindingBindsToBindableTarget roleBinding="bind-the" bindableTarget="\$Idtermino"/></code>
a, an	<code><sbvr:universalQuantification xmi:id="uq-a"/> <sbvr:text xmi:id="uq-a" value="a"/> o <sbvr:universalQuantification xmi:id="uq-an"/> <sbvr:text xmi:id="uq-an" value="an"/></code>
another	<code><sbvr:existentialQuantification xmi:id="eq-an"/> <sbvr:text xmi:id="eq-an" value="another"/></code>
a given	<code><sbvr:universalQuantification xmi:id="uq-ag"/> <sbvr:text xmi:id="uq-ag" value="a given"/></code>
that, who, what	<code><sbvr:roleBinding xmi:id="bind-that" name="that"/> <sbvr:roleBindingBindsToBindableTarget roleBinding="bind-that" bindableTarget="\$Idtermino"/> o <sbvr:roleBinding xmi:id="bind-who" name="who"/> <sbvr:roleBindingBindsToBindableTarget roleBinding="bind-who" bindableTarget="\$Idtermino"/> o <sbvr:roleBinding xmi:id="bind-that" name="what"/> <sbvr:roleBindingBindsToBindableTarget roleBinding="bind-what" bindableTarget="\$Idtermino"/></code>

Tabla 4-8: Etiquetas XML para Otras Palabras Clave

Elemento SBVR	Ejemplo	Transformación
Term	company	"TERM" → "company"
Name	EU-Rent	'NAME' → 'EU-Rent'
Verb	has, is qualified	#VERB# → #has#, #is qualified#
keyword (quantification)	each, some, more than one etc.	<KEYWORD> → <each>, <some>, <more than one> etc.
keyword (logical operations)	and, or, if, then etc.	<KEYWORD> → <and>, <or>, <if>, <then> etc.
keyword (modal operations)	it is obligatory that, it is necessary that etc.	<KEYWORD> → <it is obligatory that>, <it is necessary that> etc.
keyword (verb complexes)	must, always, never, may etc.	<KEYWORD> → <must>, <always>, <never>, <may> etc.
keyword (other keywords)	the, a, an, that, who etc.	<KEYWORD> → <the>, <a>, <an>, <that>, <who> etc.

Tabla 4-9: Estructura general para la transformación XML de las Reglas de Negocio

La Tabla 4-9 muestra la estructura general relacionada con las reglas de negocio con la que esta primera fase del comparador puede encontrarse.

4.2.2 Segunda Fase: Análisis

El analizador SBVR consta de un analizador léxico, analizador sintáctico y analizador semántico que he desarrollado con la herramienta ANTLR. El principal resultado de esta fase es la creación de un árbol de sintaxis abstracta o AST que representa el vocabulario SBVR a través de sus ramas y nodos.

Analizador Léxico

El objetivo prioritario del analizador léxico es descomponer el flujo de caracteres recibidos por la fase anterior, encargada de transformar el vocabulario SBVR recibido en texto plano tras haber transformado el XML, en un conjunto de símbolos o *tokens* que son interpretados por la siguiente etapa del analizador SBVR: el analizador sintáctico (ver Figura 4-21).

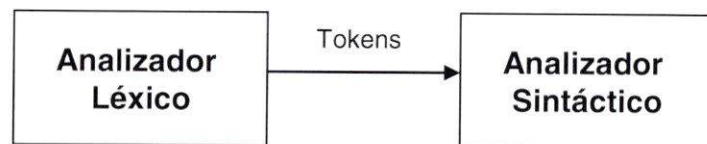


Figura 4-21: Flujo de tokens entre el analizador léxico y sintáctico

ANTLR proporciona una manera estándar de especificar palabras reservadas con su token asociado mediante la *sección de tokens* del analizador léxico. Esta característica es la que he empleado para definir todas las palabras clave (*keywords*) del Anexo C de SBVR v1.0 [Sbv08]. La siguiente tabla muestra una clasificación de las palabras clave así como la definición de los *tokens* en ANTLR y la sección dentro de la especificación SBVR a la que pertenecen.

En la Tabla 4-10 no se muestran todos los *tokens* del analizador léxico, sino aquellos que representan los tipos de palabra clave de la especificación SBVR. Una vez que se ha definido la *sección de tokens* del analizador léxico, es necesario escribir en la *sección de reglas* un conjunto de reglas para gestionar el texto recibido por la fase anterior.

Tipo de Palabras Clave	ANTLR	Especificación SBVR
Cuantificación	QUANTIFICATION_EACH = "each" ; QUANTIFICATION_SOME = "some" ; QUANTIFICATION_LEAST_ONE = "at least one" ; QUANTIFICATION_LEAST_N = "at least" ; QUANTIFICATION_MOST_ONE = "at most one" ; QUANTIFICATION_MOST_N = "at most" ; QUANTIFICATION_EXACTLY_ONE = "exactly one" ; QUANTIFICATION_EXACTLY_N = "exactly" ; QUANTIFICATION_MORE_THAN = "more than one" ;	C.1.1.1
Operadores Lógicos	LOGICAL_OP_AND = "and" ; LOGICAL_OP_OR = "or" ; LOGICAL_OP_BUT = "but" ; LOGICAL_OP_NOT = "not" ; LOGICAL_OP_BOTH = "both" ; LOGICAL_OP_IF = "if" ; LOGICAL_OP_THEN = "then" ; LOGICAL_OP_ONLY = "only" ; LOGICAL_OP_ONLY_IF = "only if" ; LOGICAL_OP_NEITHER = "neither" ; LOGICAL_OP_NOR = "nor" ; LOGICAL_OP_WHETHER = "whether" ; LOGICAL_OP_IF_NOT = "if not" ;	C.1.1.2
Operadores Modales	MODAL_OBLIGATION = "it is obligatory that" ; MODAL_PROHIBITION = "it is prohibited that" ; MODAL_NECESSARY = "it is necessary that" ; MODAL_IMPOSSIBLE = "it is impossible that" ; MODAL_POSSIBLE = "it is possible that" ; MODAL_PERMITTED = "it is permitted that" ; MODAL_FORBIDDEN = "it is forbidden that" ;	C.1.1.3
Complejiones Verbales	AUX_VERB_MUST = "must" ; AUX_VERB_MAY = "may" ; AUX_VERB_MUST_NOT = "must not" ; AUX_VERB_MAY_NOT = "may not" ; AUX_ADV_ALWAYS = "always" ; AUX_ADV_NEVER = "never" ;	C.1.1.3
Otros	OTHER_THE = "the" ; OTHER_A = "a" ; OTHER_AN = "an" ; OTHER_ANOTHER = "another" ; OTHER_AGIVEN = "a given" ; OTHER_THAT = "that" ; OTHER_WHO = "who" ; OTHER_WHAT = "what" ;	C1.2

Tabla 4-10: Palabras clave definidas en el analizador léxico

La Tabla 4-11 muestra el nombre de las reglas más importantes definidas en el analizador léxico así como una descripción de la funcionalidad que resuelve.

Nombre	Regla	Descripción
MEANING_KEYWORD	'<! (~('<'> \n \r \t))* '>'	Cualquier expresión, a excepción de los caracteres \n, \r, \t, <, >, que se encuentren dentro de < y >
MEANING_TERM	"" ! (~('"' \n \r \t))* "" !	Cualquier expresión, a excepción de los caracteres \n, \r, \t, ", que se encuentren dentro de " y "
MEANING_NAME	'\n' ! (~('\n \n \r \t))* '\n' !	Cualquier expresión, a excepción de los caracteres \n, \r, \t, ', que se encuentren dentro de ' y '
MEANING_VERB	'#' ! (~('# \n \r \t))* '#' !	Cualquier expresión, a excepción de los caracteres \n, \r, \t, #, que se encuentren dentro de # y #
MEANING_RELATEDFACT	'{' ! (~('{ \n \r \t))* '}' !	Cualquier expresión, a excepción de los caracteres \n, \r, \t, {, }, que se encuentren dentro de { y }
NUMBER	('0'..'9')+ ('.' ('0'..'9'))?	Cualquier número decimal
LETTER	'a'..'z' 'A'..'Z'	Cualquier letra del abecedario independientemente de mayúsculas y minúsculas
IDENT	(LETTER) (LETTER NUMBER)*	Cualquier expresión que contenga una letra o dígito
NL	("\\r\\n") => "\\r\\n" "\\r" "\\n"	Tres tipos diferentes de retornos de carro: MS-DOS, Macintosh y UNIX.

Tabla 4-11: Algunas reglas del analizador léxico

Aunque el analizador léxico es la primera etapa del analizador SBVR y su salida no es más que un paso intermedio para generar el árbol de sintaxis abstracta, considero interesante introducir un pequeño ejemplo que ilustre cómo procesa el analizador léxico un vocabulario SBVR que previamente ya ha sido transformado del formato XML a un texto plano. Si se considera que el analizador léxico recibe el siguiente vocabulario SBVR compuesto por un término, un tipo de hecho y una regla de negocio:

```
<it is necessary that> <each> "project" #has# <more than one> "work package";
```

```
"project" #has# "work package";
```

```
"project" {role} "collaborative project";
```

```
"project";
```

El resultado que este primer elemento genera se muestra a continuación como una salida a consola. También se visualiza información adicional que he generado como ayuda en el desarrollo del analizador léxico para detectar y depurar errores: nombre del fichero del vocabulario, número de línea y posición en la cual comienza esa palabra (ver Figura 4-22).

```
EjemploAnalizadorLexico.txt:1:1: it is necessary that, 29
EjemploAnalizadorLexico.txt:1:24: each, 4
EjemploAnalizadorLexico.txt:1:31: project, 93
EjemploAnalizadorLexico.txt:1:41: has, 95
EjemploAnalizadorLexico.txt:1:47: more than one, 12
EjemploAnalizadorLexico.txt:1:63: work package, 93
EjemploAnalizadorLexico.txt:1:77: ;, 88
EjemploAnalizadorLexico.txt:2:1: project, 93
EjemploAnalizadorLexico.txt:2:11: has, 95
EjemploAnalizadorLexico.txt:2:17: work package, 93
EjemploAnalizadorLexico.txt:2:31: ;, 88
EjemploAnalizadorLexico.txt:3:1: project, 93
EjemploAnalizadorLexico.txt:3:11: role, 96
EjemploAnalizadorLexico.txt:3:18: collaborative project, 93
EjemploAnalizadorLexico.txt:3:41: ;, 88
EjemploAnalizadorLexico.txt:4:1: project, 93
EjemploAnalizadorLexico.txt:4:10: ;, 88
```

Figura 4-22: Resultado del analizador léxico

El analizador léxico ha clasificado las palabras del vocabulario SBVR recibido, en función de las reglas definidas (Tabla 4-11) y las palabras clave identificadas (Tabla 4-10) y ha tenido en cuenta otro conjunto de símbolos que no se consideran tan importantes, como por ejemplo el punto y coma (;), pero que son necesarios identificar.

Por otro lado, los números que se encuentran a continuación de las palabras (93, 95, 88, 12, etc.) son un código interno que emplean las clases de ANTLR para identificar de manera unívoca a qué regla o tipo de palabra clave pertenece cada una de las palabras del vocabulario que procesa. Por ejemplo, el número 93 indica que esa palabra es un *term* (regla, MEANING_TERM) mientras que el número 29 indica que esa parte del vocabulario es una palabra clave de tipo *operador modal* (token MODAL_NECESSARY).

Analizador Sintáctico

El principal objetivo del analizador sintáctico es crear un árbol de sintaxis abstracta con los *tokens* recibidos por el analizador léxico a partir de un conjunto de reglas ANTLR. Estas reglas se encargan de reconocer las múltiples combinaciones de términos, tipos de hecho, hechos relacionados y reglas de negocio.

El primer grupo de reglas se encarga de definir la estructura general del árbol de sintaxis abstracta. Esto es, se define un nodo padre (SBVR_VOCABULARY) que tendrá 1 o más reglas de negocio (RULE) y donde cada una implementa 1 o más tipos de hecho, 0 o más hechos relacionados y 1 o más términos. Cada una de estas reglas ANTLR (reglaInicioRN, inicioTiposHecho, inicioHechosRelacionados, inicioTerminos) sirve de nodo inicial para comenzar a enraizar el resto de nodos hijos del árbol de sintaxis abstracta.

```

/**
  INICIO: VOCABULARIO SBVR
*/
reglas: (inicioVocabularioSBVR)+
      {## = #( #[SBVR_VOCABULARY, "SBVR_VOCABULARY"] ,##);}
;

inicioVocabularioSBVR: reglaInicioRN PUNTO_COMA!
      {## = #( #[RULE, "RULE"] ,##);}
      (inicioTiposHecho)+
      (inicioHechosRelacionados)*
      (inicioTerminos)+
;

/**
  FIN: VOCABULARIO SBVR
*/

```

La representación de las *reglas de negocio* a través de una estructura arbórea conlleva un conjunto extenso de reglas ANTLR debido a que el analizador sintáctico debe reconocer todas las posibles sentencias que podrían aparecer en la definición de reglas SBVR. Esto implica una gran cantidad de combinaciones sintácticas que en la mayoría de los casos se solventa gracias a la recursividad aplicada a las reglas ANTLR que realizan esta función.

```

/**
  INICIO: REGLAS DE NEGOCIO
*/
reglaInicioRN : (
      quantifier {## = #( #[QUANTIFIER_KEYWORD,
"QUANTIFIER_KEYWORD"] ,##);}
      |
      modal {## = #( #[MODAL_KEYWORD, "MODAL_KEYWORD"] ,##);}
      )
      reglaInicioRN2
;

reglaInicioRN2 : (
      other {## = #( #[OTHER_KEYWORD, "OTHER_KEYWORD"] ,##);}
      |
      quantifier {## = #( #[QUANTIFIER_KEYWORD,
"QUANTIFIER_KEYWORD"] ,##);}
      )?
      reglaSeleccionRN
;

reglaSeleccionRN : (reglaTerminoRN|reglaNombreRN|reglaAuxVerboRN) ;

```

El conjunto de nodos para las *reglas de negocio* comienza con el enraizamiento de *reglaInicioRN* a través de la etiqueta *RULE* en la regla *inicioVocabularioSBVR*. El contenido de las reglas de negocio SBVR siempre se iniciará a través de un *operador modal* o un *cuantificador* que es precisamente el cometido de *reglaInicioRN*, la cual enraíza mediante las etiquetas *QUANTIFIER_KEYWORD* y *MODAL_KEYWORD* respectivamente.

La subregla *reglaInicioRN2* permite de manera condicional (?) que la *regla de negocio* continúe su secuencia con otro *cuantificador* o con *otras palabras clave* y se enraíce con las etiquetas *QUANTIFIER_KEYWORD* y *OTHER_KEYWORD*. Independientemente de si la *regla de negocio* genera estos nodos, la regla *reglaSeleccionRN* se enlaza con las subreglas *reglaTerminoRN*, *reglaNombreRN* y *reglaAuxVerboRN* de tal manera que el analizador sintáctico reconozca un término o un concepto individual o un verbo. La estructura general del árbol de sintaxis abstracta para este conjunto de reglas se muestra en la Figura 4-23.

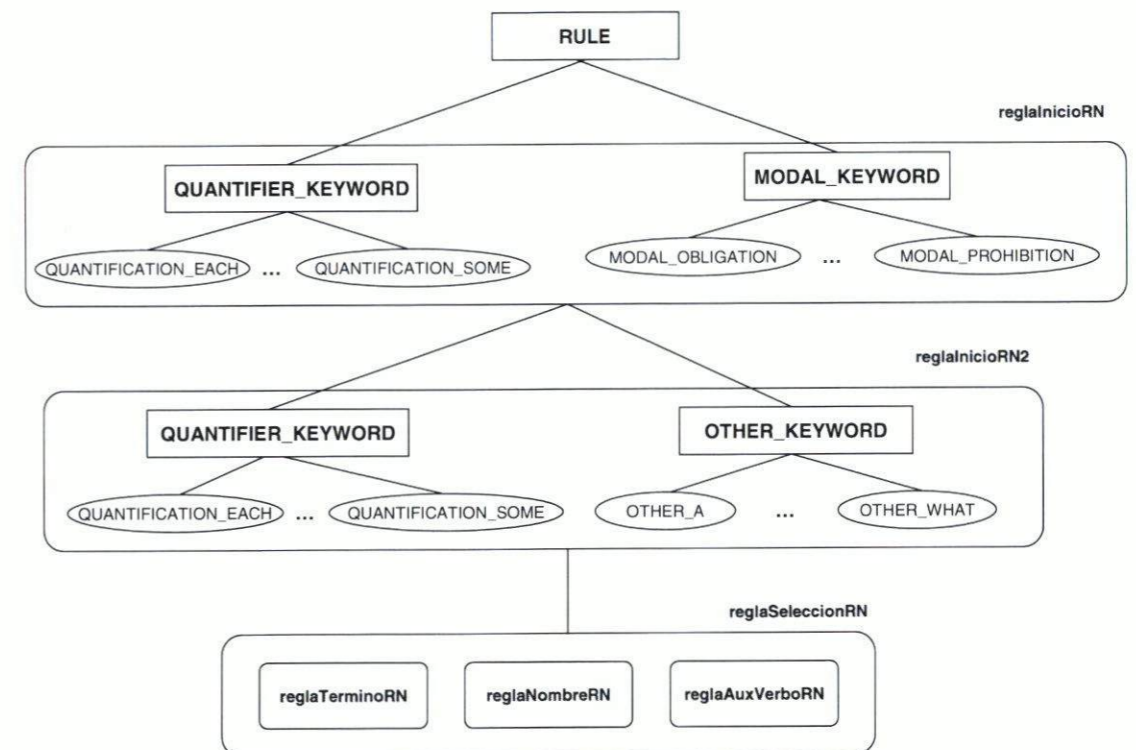


Figura 4-23: Árbol de sintaxis abstracta para reglas de negocio I

A continuación, se muestra el contenido de las reglas ANTLR *reglaTerminoRN* y *reglaNombreRN*.

```

// Inicio: Termino
reglaTerminoRN : MEANING_TERM reglaSecuenciaComasRN
                {## = #( #[TERM, "TERM"] ,##);}
                ;

reglaSecuenciaComasRN : (COMA reglaOtroTerminoRN2)* reglaTerminoRN2 ;
reglaOtroTerminoRN2 : (other)? MEANING_TERM ;
reglaTerminoRN2 : (logical reglaOtroTerminoRN2)? reglaTerminoRN3 ;
reglaTerminoRN3 : (other)* reglaTerminoRN4 ;
reglaTerminoRN4 : (MEANING_TERM {## = #( #[TERM, "TERM"] ,##);})?
reglaTerminoRN5 ;
reglaTerminoRN5 : (MEANING_NAME {## = #( #[NAME, "NAME"] ,##);})?
(reglaAuxVerboRN)? ;
// Fin: Termino

// Inicio: Nombre
reglaNombreRN : MEANING_NAME reglaOtroAuxVerboRN
               {## = #( #[NAME, "NAME"] ,##);}
               ;
// Fin: Nombre

```

La secuencia de reglas que comienza en `reglaTerminoRN` mediante el enraizamiento con la etiqueta `TERM` abarca diferentes combinaciones antes de reconocer un verbo con `reglaAuxVerboRN`: desde la posibilidad de un conjunto de términos separados por comas (`reglaSecuenciaComasRN` y `reglaOtroTerminoRN2`) hasta operadores lógicos y otras palabras clave (`reglaTerminoRN2` y `reglaTerminoRN3`) para terminar con el enraizamiento de otro término (`reglaTerminoRN4`) o concepto individual (`reglaTerminoRN5`). Es posible que muchas *reglas de negocio* no definan ninguna de estas combinaciones por lo que sería posible que justo después de un *término* siguiera un *verbo*. No obstante, el analizar sintáctico debe ser capaz de reconocerlo y la herramienta ANTLR tiene los operadores `?` y `*` que facilitan la tarea. La regla `reglaNombreRN` simplemente enraíza un concepto individual antes de continuar con el reconocimiento del verbo con `reglaOtroAuxVerboRN`. La estructura general del árbol de sintaxis abstracta para este conjunto de reglas se muestra en la Figura 4-24.

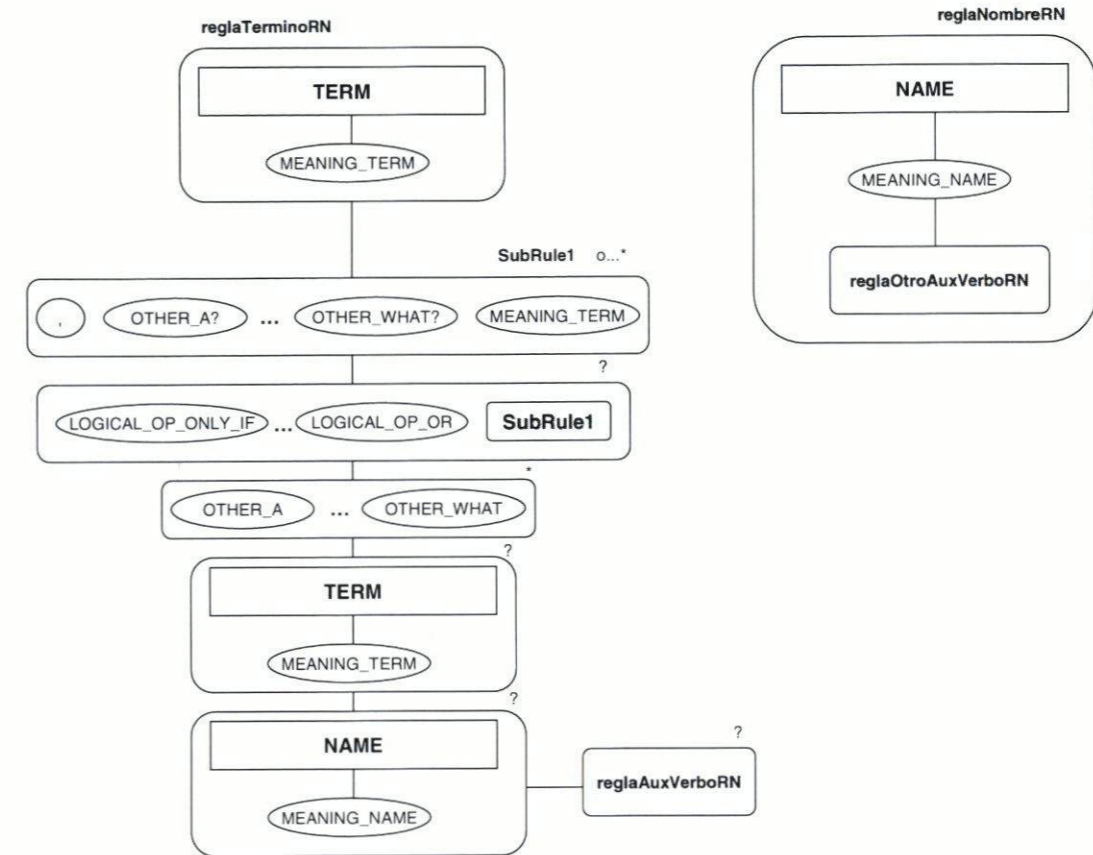


Figura 4-24: Árbol de sintaxis abstracta para reglas de negocio II

Para terminar el reconocimiento de las reglas de negocio SBVR, se usan las reglas ANTLR siguientes:

```

//Inicio: Verbo
reglaOtroAuxVerboRN : (other {## = #( #[OTHER_KEYWORD, "OTHER_KEYWORD"]
,##);})? (reglaAuxVerboRN)? ;

reglaAuxVerboRN : (aux {## = #( #[AUXILIAR_KEYWORD, "AUXILIAR_KEYWORD"]
,##);})? reglaVerboRN ;

reglaVerboRN : MEANING_VERB
(reglaOtroTerminoRN|reglaInicioRN|reglaSeleccionRN|reglaLogicaOtroTermino
RN)?
                {## = #( #[VERB, "VERB"] ,##);}
                ;
// Fin: Verbo
reglaOtroTerminoRN : other reglaTerminoRN
                   {## = #( #[OTHER_KEYWORD, "OTHER_KEYWORD"] ,##);}
                   ;
reglaLogicaOtroTerminoRN : logical reglaOtroTerminoRN
                        {## = #( #[LOGICAL_KEYWORD, "LOGICAL_KEYWORD"] ,##);}
                        ;
/**
    FIN: REGLAS DE NEGOCIO
*/

```

Una de las reglas más importantes del analizador sintáctico es *reglaVerboRN* ya que, además de enraizar el verbo con la etiqueta *VERB*, realiza una labor de recursividad con las reglas *reglaInicioRN* (volvemos al inicio del árbol) y *reglaSelecciónRN* (volvemos a la regla que a su vez se enlaza con un término, concepto individual o el auxiliar del verbo). Además, también contiene la subregla *reglaLogicaOtroTerminoRN* para generar un nodo sobre un operador lógico y ésta última a su vez con *reglaOtroTerminoRN* que implementa una función recursiva a través de *reglaTerminoRN*. De este modo, se consigue una gran eficiencia para reconocer todos los elementos de una *regla de negocio* SBVR con el analizador sintáctico. Las reglas *reglaOtroAuxVerboRN* y *reglaAuxVerboRN* preceden a *reglaVerboRN* para tener en consideración la posibilidad de que un verbo cuente con auxiliares (may, must, can, etc.). De hecho, siempre que una regla se quiera relacionar con *reglaVerboRN* lo tiene que hacer primeramente con *reglaOtroAuxVerboRN* y *reglaAuxVerboRN*.

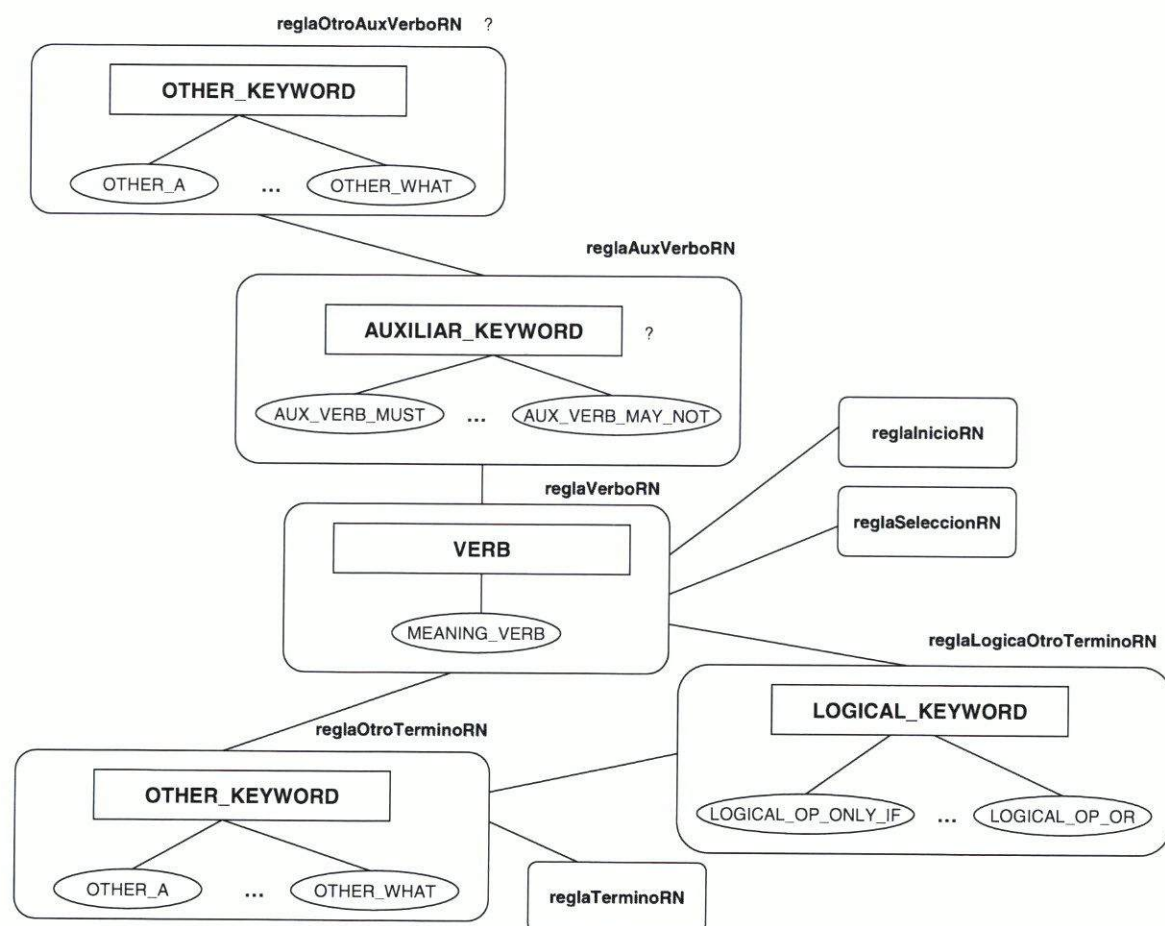


Figura 4-25: Árbol de sintaxis abstracta para reglas de negocio III

La Figura 4-25 recoge las reglas utilizadas en el analizador sintáctico para reconocer las *reglas de negocio* del vocabulario SBVR, basándose principalmente en la recursividad entre ellas.

En relación a los *tipos de hecho*, la regla *inicioTiposHecho* enraiza el árbol a través de la etiqueta *FACT_TYPE* mientras que la regla *reglaInicioTH* contiene las subreglas necesarias para reconocer un tipo de hecho formado por dos términos y un verbo (*reglaTerminoTH*) o un término y un verbo (*reglaTerminoVerboTH*) y todos los sinónimos que se pudieran formar (*reglaSinonimosTH*).

reglaSinonimosTH es una regla opcional que crea la etiqueta *SYNONYMOUS* (este nodo sería hijo de la raíz principal *FACT_TYPE*) de tal manera que a partir de esta regla se enraizarían todos los sinónimos. Por otro lado, *reglaSecuenciaSinonimosTH* también enraizaría una nueva rama a través de la etiqueta *SYNONYMOUS_FORM* además de volver a invocar la regla *reglaTerminoTH* con el objetivo de que se reconozca nuevamente un *tipo de hecho* (en este caso, un sinónimo del primer tipo de hecho que se haya reconocido). La recursividad aplicada entre las reglas *reglaSecuenciaSinonimosTH* y *reglaTerminoTH* es lo que permite reconocer todos los sinónimos que puedan encontrarse en el vocabulario SBVR para un *tipo de hecho*.

```

/**
  INICIO: TIPOS DE HECHO
*/
inicioTiposHecho : reglaInicioTH
                  {## = #(#[FACT_TYPE, "FACT_TYPE"] ,##);}
                  ;

reglaInicioTH : (reglaTerminoTH|reglaTerminoVerboTH) (reglaSinonimosTH)*
PUNTO_COMA! ;

reglaTerminoTH : MEANING_TERM reglaVerboTH ;

reglaVerboTH : MEANING_VERB reglaTerminoTH2 ;

reglaTerminoTH2 : MEANING_TERM ;

reglaSinonimosTH : GUION_BAJO! (reglaSecuenciaSinonimosTH)+ GUION_BAJO!
                  {## = #(#[SYNONYMOUS, "SYNONYMOUS"] ,##);}
                  ;

reglaSecuenciaSinonimosTH : reglaTerminoTH (COMA!)?
                  {## = #(#[SYNONYMOUS_FORM, "SYNONYMOUS_FORM"] ,##);}
                  ;

reglaTerminoVerboTH : MEANING_TERM MEANING_VERB ;

/**
  FIN: TIPOS DE HECHO
*/

```

La estructura general del árbol de sintaxis abstracta para los *tipos de hecho* del vocabulario SBVR se muestra en la Figura 4-26. En este caso, la raíz del árbol se

corresponde con la etiqueta `FACT_TYPE` y tiene como hojas, por un lado, el contenido del propio tipo de hecho: `MEANING_TERM1`, `MEANING_VERB` y `MEANING_TERM2` (siendo éste último opcional) y, por otro lado, `SYNONYMOUS`. De esta última hoja del árbol, cuelgan tantas hojas `SYNONYMOUS_FORM` como sinónimos del *tipo de hecho* contenga el vocabulario SBVR y, a su vez, cada una de estas hojas contiene los nodos hijo que corresponden al propio contenido del sinónimo.

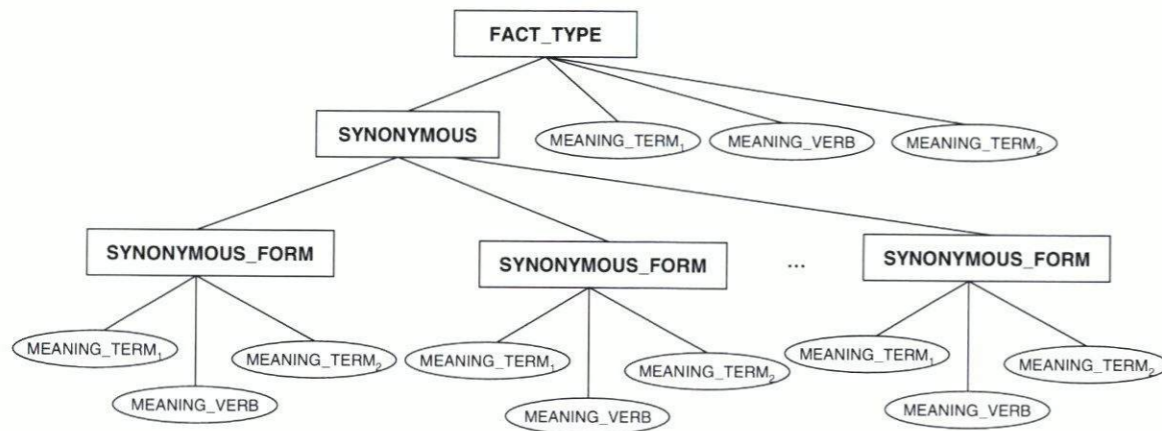


Figura 4-26: Árbol de sintaxis abstracta para los Tipos de Hecho

Los *hechos relacionados* se enraízan con la etiqueta `RELATED_FACT` en la regla `inicioHechosRelacionados`. Las siguientes subreglas reconocen los elementos que pueden componer un *hecho relacionado*: el primer término (`reglaAperturaHR`), el tipo de *hecho relacionado* (`reglaContenidoHR`) y el segundo término (`reglaCierreHR`). Esta última regla debe reconocer la posibilidad de múltiples términos en caso de que el tipo de *hecho relacionado* se emplee para listar una serie de conceptos individuales. Por este motivo, la subregla `reglaTerminoIndividualesHR` puede aparecer de 0 a N veces.

```

/**INICIO: HECHOS RELACIONADOS*/
inicioHechosRelacionados : reglaInicioHR
                          {## = #( #[RELATED_FACT, "RELATED_FACT"] ,##);}
                          ;
reglaInicioHR : reglaAperturaHR PUNTO_COMA! ;
reglaAperturaHR : MEANING_RELATEDFACT reglaContenidoHR ;
reglaContenidoHR : related reglaCierreHR ;
reglaCierreHR : MEANING_RELATEDFACT (reglaTerminosIndividualesHR)* ;
reglaTerminosIndividualesHR : COMA! MEANING_RELATEDFACT ;
/**FIN: HECHOS RELACIONADOS*/
  
```

La estructura general del árbol de sintaxis abstracta para los *hechos relacionados* se muestra en la Figura 4-27. La raíz del árbol se corresponde con la etiqueta `RELATED_FACT` y tiene como hojas el primer término `MEANING_RELATEDFACT1`, uno de los tipos del *hecho relacionado* (FACET, CATEGORY, ROLE o IS/ARE) y el segundo término `MEANING_RELATEDFACT2` que, en lugar de ser un único término, puede ser una secuencia de ellos si el tipo es IS/ARE.

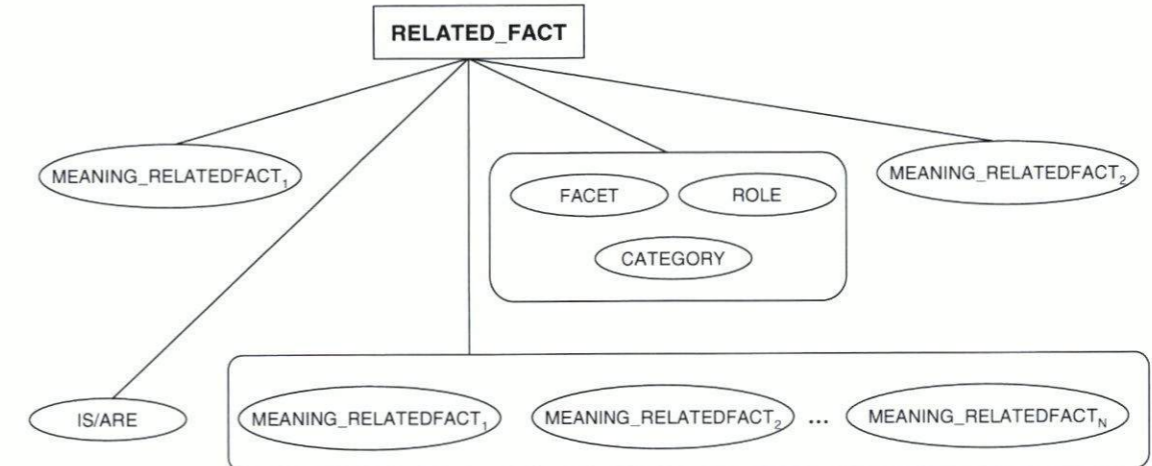


Figura 4-27: Árbol de sintaxis abstracta para los Hechos Relacionados

Finalmente, el siguiente conjunto de reglas sirven para crear la estructura arbórea relacionada con los *términos* del vocabulario SBVR. La regla `inicioTerminos` crea la raíz padre `NOUN_CONCEPT` mientras que la subregla `reglaTerminoTR` genera su nodo hijo `TERM` que implementa el contenido del propio término. Por otro lado, `reglaSecuenciaSinonimosTR` define los posibles sinónimos que pueden aparecer y se enraízan con la etiqueta `SYNONYMOUS`.

```

/**INICIO: TERMINOS*/
inicioTerminos : reglaInicioTR
               {## = #( #[NOUN_CONCEPT, "NOUN_CONCEPT"] ,##);}
               ;
reglaInicioTR : reglaTerminoTR PUNTO_COMA! ;
reglaTerminoTR : MEANING_TERM (reglaSecuenciaSinonimosTR)?
                {## = #( #[TERM, "TERM"] ,##);}
                ;
reglaSecuenciaSinonimosTR : GUION_BAJO! (IDENT (COMA!)?)+ GUION_BAJO!
                           {## = #( #[SYNONYMOUS, "SYNONYMOUS"] ,##);}
                           ;
/**FIN: TERMINOS*/
  
```

La estructura general del árbol de sintaxis abstracta para los *términos* se muestra en la Figura 4-28. Tal y como se puede observar, el árbol parte de la raíz `NOUN_CONCEPT` y su primer nodo hijo se corresponde con `TERM`. Este nodo, a su vez, tendrá como hijos tanto el contenido del propio término (`MEANING_TERM`) como otros nodos (`SYNONYMOUS`), los cuales se corresponden con los posibles sinónimos del término, que contienen un hijo con el contenido del propio sinónimo (`IDENT`).

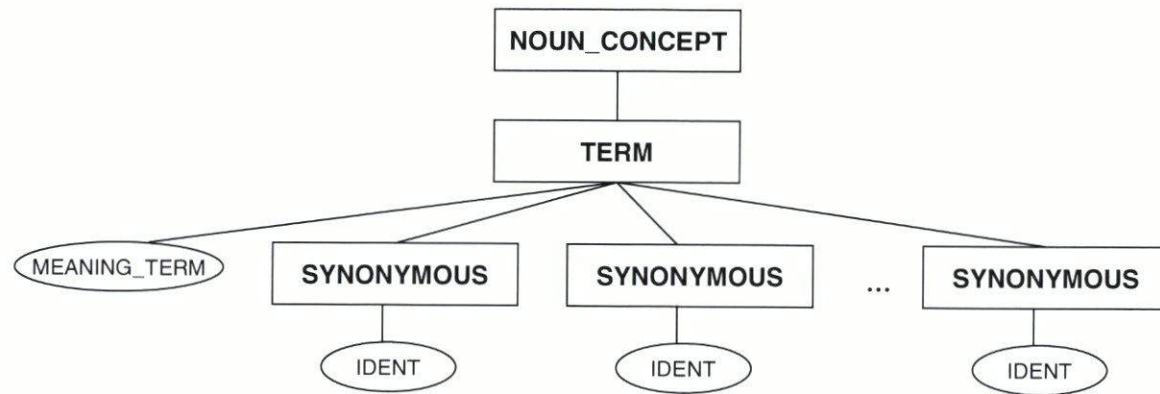


Figura 4-28: Árbol de sintaxis abstracta para los términos

Consideremos el siguiente vocabulario SBVR formado por dos reglas de negocio: la primera se define mediante dos tipos de hecho, un hecho relacionado y dos términos (uno de los tipos de hecho y uno de los términos tienen un sinónimo); la segunda consta de un tipo de hecho, un hecho relacionado y dos términos (en este caso no hay sinónimos).

```
<it is possible that> <a> "project" #is open# <only if> <a> "project leader" #is working#;
```

```
"project" #is open#_"project" #is registered in# "ERP";
```

```
"project leader" #is working#;
```

```
{project leader} <role> {leader};
```

```
"project"_scheme_;
```

```
"project leader";
```

```
<it is necessary that> <each> "project" #has# <more than one> "work package";
```

```
"project" #has# "work package";
```

```
{work package} <category> {package};
```

```
"project";
```

```
"work package";
```

La Figura 4-29 muestra el resultado del analizador sintáctico para la primera regla de negocio. El árbol de sintaxis abstracta es una sucesión de nodos con las siguientes características: siempre hay un nodo padre con el tipo de palabra clave de la especificación SBVR (`MODAL_KEYWORD`, `OTHER_KEYWORD`, `TERM`, `VERB` etc.) y un hijo con el propio contenido (`it is possible that`, `a`, `project`, `is open` etc.). Además, un nodo hijo siempre es hermano de un nodo padre con el tipo de palabra clave (`it is possible that` es hermano de `OTHER_KEYWORD`, `a` es hermano de `TERM` etc.).

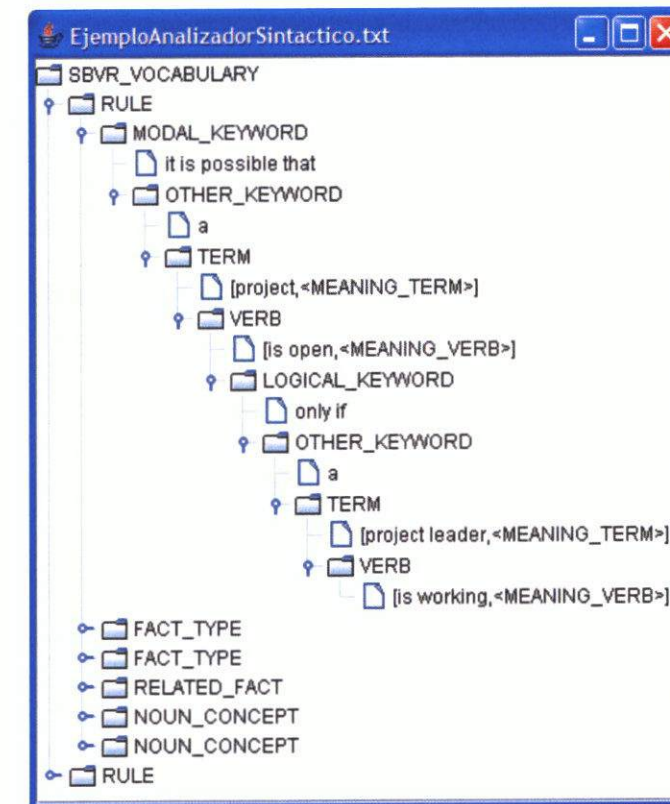


Figura 4-29: Resultado analizador sintáctico de la primera regla de negocio I

El resto de elementos que forman la *regla de negocio* se muestra en la Figura 4-30. El árbol de sintaxis abstracta genera un nodo padre con el tipo de elemento `FACT_TYPE` por cada *tipo de hecho*, el de `RELATED_FACT` por cada *hecho relacionado* y el de `NOUN_CONCEPT` por cada *término*.

El primer término (`project`), verbo (`is open`) y segundo término (en el ejemplo no se define aunque podría existir) de un *tipo de hecho* son, cada uno de ellos, nodos hijo del nodo padre `FACT_TYPE` y entre sí son hermanos. Además, en caso de contar con sinónimos, el nodo padre `SYNONYMOUS` (el cual es un hijo de `FACT_TYPE`) define tantos sinónimos como nodos hijos `SYNONYMOUS_FORM` contenga.

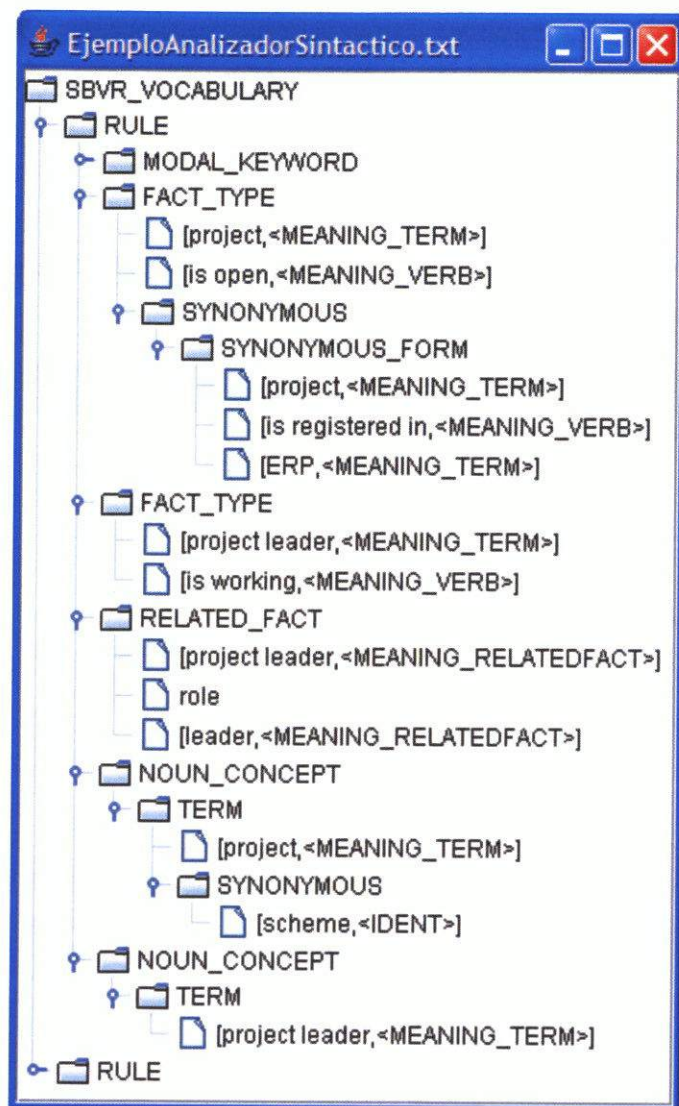


Figura 4-30: Resultado analizador sintáctico de la primera regla de negocio II

Los tres nodos hijo del *hecho relacionado* `RELATED_FACT` se corresponden con el primer término (`project leader`), tipo de hecho relacionado (`role`) y segundo término (`leader`) siendo cada uno de ellos hermanos entre sí. En el caso de que el tipo de hecho relacionado implementase distintos conceptos individuales, habría tantos nodos hermanos como términos se necesitaran para definirlo.

Finalmente, los nodos hijo de `TERM` contienen tanto el valor del término (`project`) como los posibles sinónimos (`SYNONYMOUS`).

La Figura 4-31 muestra el resultado del analizador sintáctico para la segunda regla de negocio. A diferencia de la primera regla, el árbol de sintaxis abstracta no contiene nodos con sinónimos de ningún tipo y cabe destacar que la regla tiene un tipo de nodo `QUANTIFIER_KEYWORD`.

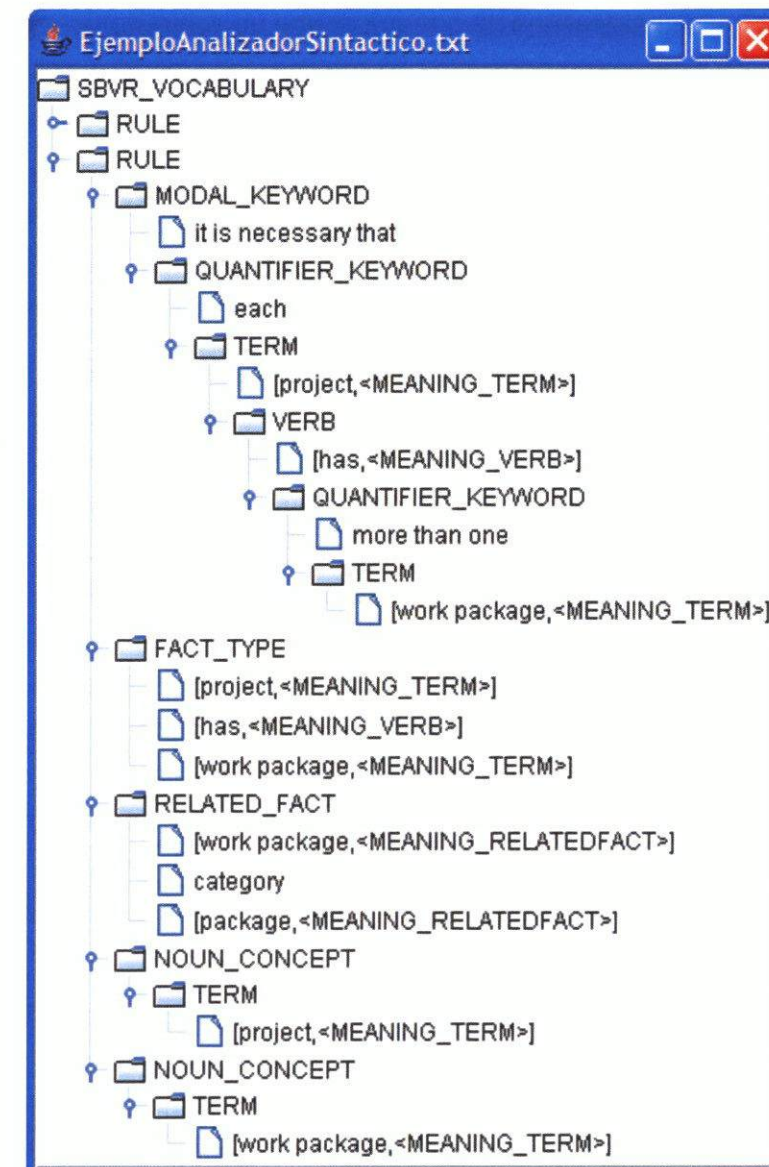


Figura 4-31: Resultado analizador sintáctico de la segunda regla de negocio

Analizador Semántico

El objetivo principal del analizador semántico es construir el árbol final de sintaxis abstracta con las equivalencias semánticas que se han definido en la especificación SBVR así como enriquecer el árbol utilizando los hechos relacionados. Para ello, este componente se divide en dos partes: iterador y creador.

El *iterador* del analizador semántico proporciona un mecanismo para recorrer el árbol de sintaxis abstracta generado por el analizador sintáctico. Desde el punto de vista de diseño software, este componente puede ser considerado como una manera elegante de gestionar el código ANTLR ya que es fácilmente reutilizable por otros analizadores semánticos. Al igual que en el analizador léxico, el iterador del analizador semántico no

genera un árbol de sintaxis abstracta aunque define un conjunto de reglas (ver ANEXO 2) muy parecidas a las del analizador sintáctico con la excepción del enraizamiento de nodos del árbol.

El segundo elemento del analizador semántico, el *creador*, hereda del iterador y genera el árbol final de sintaxis abstracta con el objetivo de enriquecer la carga semántica de las *reglas de negocio*. Para llevar a cabo esta tarea utilizo tanto las equivalencias de la especificación SBVR como los hechos relacionados que se hayan definido en la regla de negocio.

El siguiente conjunto de reglas realiza la invocación de cuatro funciones que se encargan de recorrer los nodos del árbol de sintaxis abstracta para establecer la carga semántica. La regla *reglas* reconoce la primera etiqueta del árbol (*SBVR_VOCABULARY*) y, a través de la subregla *inicioVocabularioSBVR*, se recorren gracias al *iterador* todos los nodos de las *reglas de negocio*, *tipos de hecho*, *hechos relacionados* (si los hay) y *términos* a través de las reglas ANTLR *reglaInicioRN*, *inicioTiposHecho*, *inicioHechosRelacionados* e *inicioTerminos* respectivamente. A medida que se recorre el árbol de sintaxis abstracta, la regla *reglaInicioRN* reconoce por cada *regla de negocio* del vocabulario SBVR las etiquetas *QUANTIFIER_KEYWORD* y *MODAL_KEYWORD* e invoca una serie de funciones para encontrar las equivalencias para los tipos de palabras clave de *cuantificación* y *modales* respectivamente. Cabe destacar que esta regla ANTLR sobrescribe la ya definida en el *iterador* para que las funciones se invoquen en el mismo instante que el analizador las reconoce.

Por otro lado, la regla *inicioHechosRelacionados*, la cual también sobrescribe la definida en el *iterador*, invoca una función cada vez que se detecta un hecho relacionado en el vocabulario SBVR con el objetivo de buscar equivalencias para los *términos* de la *regla de negocio* que tengan definido un *hecho relacionado*. Posteriormente, cada vez que se termina de reconocer una regla de negocio del AST, se invoca la función *addEquivalentFactRelatedMeaning(...)* para añadir nuevos nodos con las equivalencias encontradas para los hechos relacionados.

Finalmente, la regla *inicioTerminos* invoca una función que encuentra equivalencias de la propia *regla de negocio* en base a la especificación SBVR una vez que se han reconocido los términos en el AST.

```
/**
    INICIO: VOCABULARIO SBVR
*/
reglas : #(SBVR_VOCABULARY (ini:inicioVocabularioSBVR
    {
        addEquivalentFactRelatedMeaning(#ini);
    }
    )+)
```

```

;
inicioVocabularioSBVR : #(RULE
    r:reglaInicioRN
    (inicioTiposHecho)+
    (inicioHechosRelacionados[#r])*
    (inicioTerminos)+
    {
        addEquivalentRuleMeaning(currentAST, #r);
    }
    )
;

reglaInicioRN : #(QUANTIFIER_KEYWORD q:quantifier reglaInicioRN2)
    {
        addEquivalentQuantifierMeaning(currentAST, #q.getType());
    }
    #(MODAL_KEYWORD m:modal reglaInicioRN2)
    {
        addEquivalentModalMeaning(currentAST, #m.getType());
    }
    ;

/**
    FIN: VOCABULARIO SBVR

    INICIO: HECHOS RELACIONADOS
*/
inicioHechosRelacionados [AST rule]
    : #(RELATED_FACT h:reglaInicioHR)
    {
        createFactRelatedMeaning(rule, #h);
    }
    ;

/**
    FIN: HECHOS RELACIONADOS
*/
```

La función *addEquivalentRuleMeaning(..., ...)* la utilizo una vez que se han recorrido todos los nodos que componen la *regla de negocio* para comprobar si se establece una relación semántica equivalente que de lugar a otra regla SBVR. Por ejemplo, tal y como se indica en el Anexo C de SBVR v1.0 [Sbv08]:

it is permitted that *q* only if *p* is equivalent to it is obligatory that not *q* if not *p*
 it is possible that *q* only if *p* is equivalent to it is necessary that not *q* if not *p*
 ... may...only if *p* is equivalent to ...must not...if not *p*

Una vez que se ha realizado la comparación y dependiendo de un gran número de posibilidades⁵ en relación a las equivalencias semánticas, el analizador semántico añade

⁵ Todas estas posibilidades se encuentran en la especificación SBVR

una nueva regla al árbol de sintaxis abstracta con la etiqueta `EQUIVALENT_RULE_MEANING`. Por este motivo, el *creador* necesita generar un nuevo AST ya que modifica el actual con otros nodos.

La función `addEquivalentQuantifierMeaning(..., ...)` tiene como objetivo detectar la equivalencias semánticas relacionadas con los cuantificadores definidos al comienzo de una regla de negocio. Por ejemplo, tal y como se indica en el Anexo C de SBVR v1.0 [Sbv08]:

at least (n) is equivalent to more than (n-1)
the is equivalent to a or an

En este caso, el analizador semántico añade un nuevo nodo al árbol de sintaxis abstracta con la etiqueta `EQUIVALENT_QUANTIFIER_MEANING`.

La función `addEquivalentModalMeaning(..., ...)` tiene como objeto reconocer las equivalencias semánticas relacionadas con los operadores modales que se encuentran al comienzo de las reglas de negocio. Por ejemplo, tal y como se describe en la sección 10.1.1 de SBVR v1.0 [Sbv08]:

it is forbidden that *p* is equivalent to it is obligatory that not *q*
it is possible but not necessary that *p* is equivalent to it is neither impossible nor necessary that *p*

En este caso, el *creador* del analizador semántico añade un nuevo nodo al AST con la etiqueta `EQUIVALENT_MODAL_MEANING`.

La función `createFactRelatedMeaning(...)` es invocada cada vez que se reconoce un hecho relacionado en el analizador semántico y tiene como objetivo almacenar internamente los dos términos que componen un hecho relacionado o los múltiples términos en caso de que el tipo de hecho relacionado define varios conceptos individuales. Por ejemplo, si tuviéramos el siguiente hecho relacionado:

The noun concept 'rental duration' is a role that ranges over the noun concept 'duration'

Esta función guarda la dupla *rental duration-duration* para que al finalizar el reconocimiento de todos los elementos de la *regla de negocio*, la función `addEquivalentFactRelatedMeaning(...)` construya una nueva regla de negocio con la etiqueta `EQUIVALENT_FACTRELATED_MEANING` que sustituye todos los términos que le corresponden.

Consideremos el siguiente vocabulario SBVR formado solamente por dos reglas de negocio y sus respectivos tipos de hecho, hechos relacionados y términos.

`<it is possible that> <a> "collaborative project" #begins# <only if> <a> "consortium" #is created#;`

```
"collaborative project" #begins#;
"consortium" #is created#;
{collaborative project} <role> {project};
"collaborative project";
"consortium";
<each> "engineer" <may> #be included# <only if> <a> "committee"
#meet# 'periodically';
"engineer" #be included#;
"committee" #meet#;
{committee} <is> {periodically}, {every month}, {every week};
"engineer";
"committee";
```

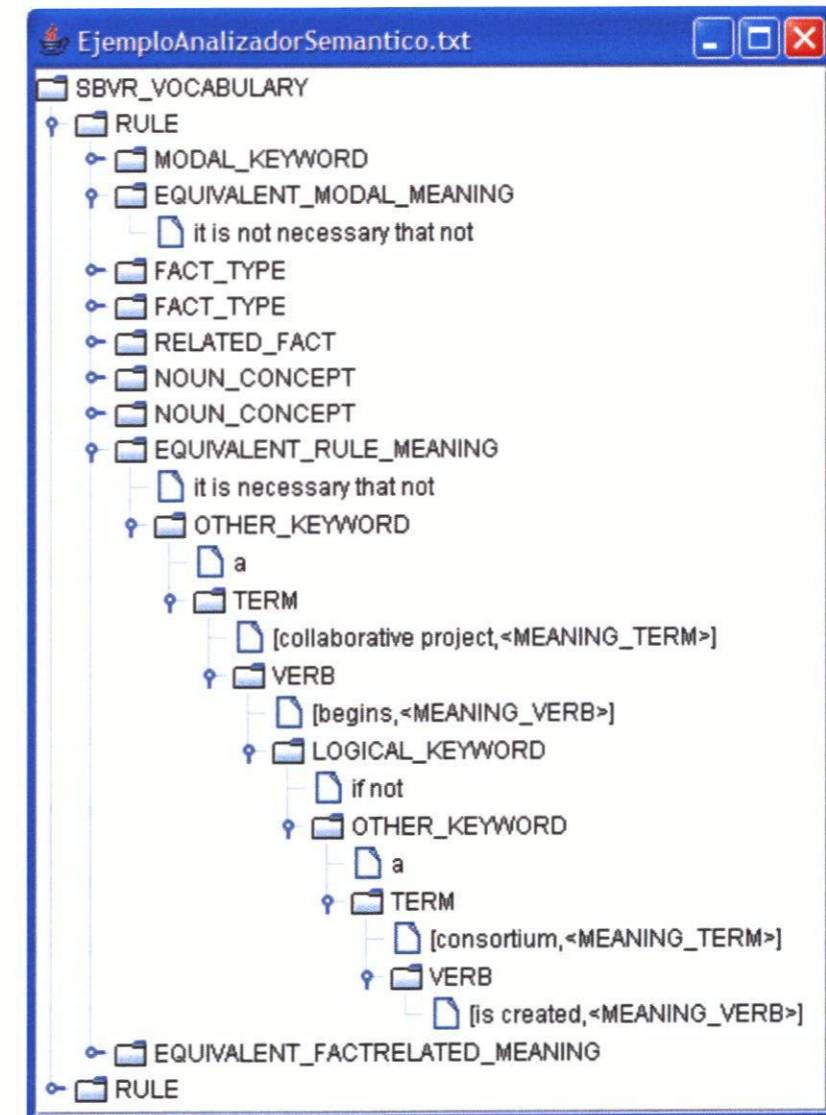


Figura 4-32: Resultado analizador semántico de la primera regla de negocio I

La Figura 4-32 muestra las equivalencias modales y de la regla encontradas por el analizador semántico para la primera regla de negocio. Por un lado, vemos una equivalencia modal con *it is not necessary that not* y, por otro lado, una equivalencia para la regla de negocio con la combinación *it is necessary that not* e *if not* en relación a *it is possible that* y *only if* del vocabulario SBVR.

La equivalencia del hecho relacionado donde se ha sustituido *collaborative project* por *64_project*, siendo el número un identificador interno de ANTLR, se muestra en la Figura 4-33.

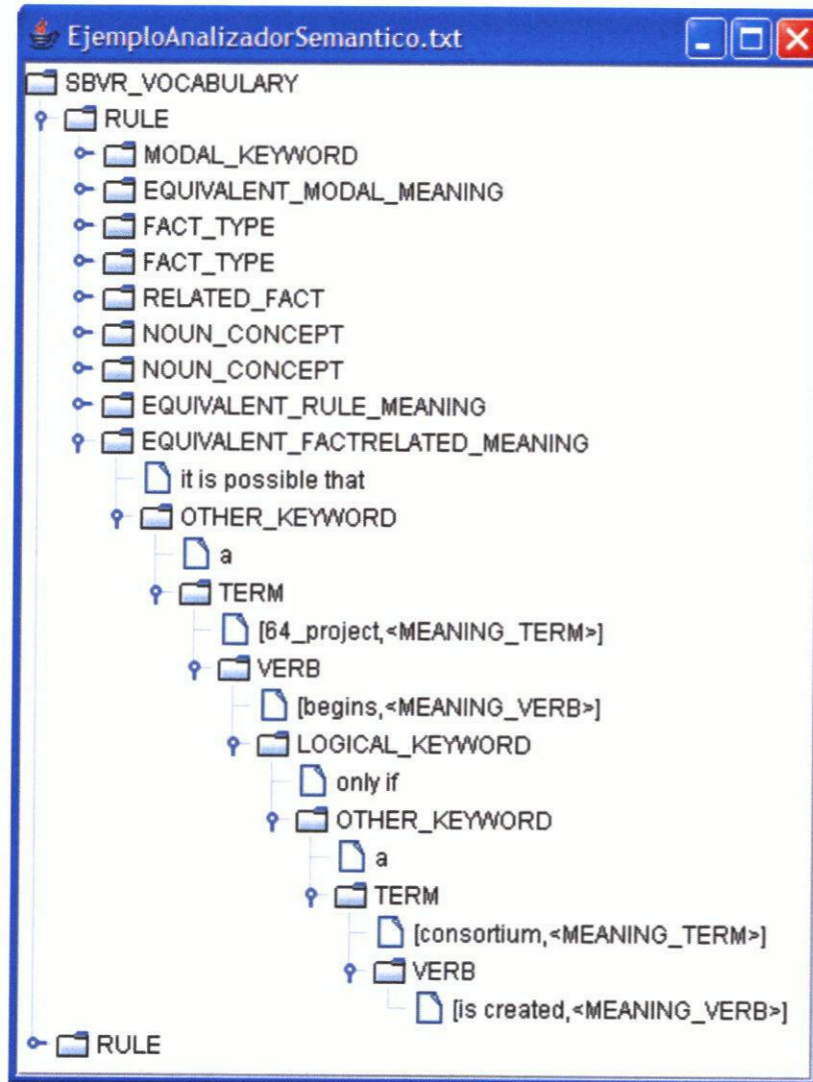


Figura 4-33: Resultado analizador semántico de la primera regla de negocio II

Finalmente, están las equivalencias encontradas por el analizador semántico para la segunda regla de negocio (Figura 4-34). Por un lado, hay una equivalencia de regla de negocio con la combinación *must not* e *if not* en relación a *may* y *only if* y, por otro, una equivalencia del hecho relacionado donde el término *committee* puede tener varias

acepciones de conceptos individuales y se ha sustituido por *67_periodically, every month, every week*.

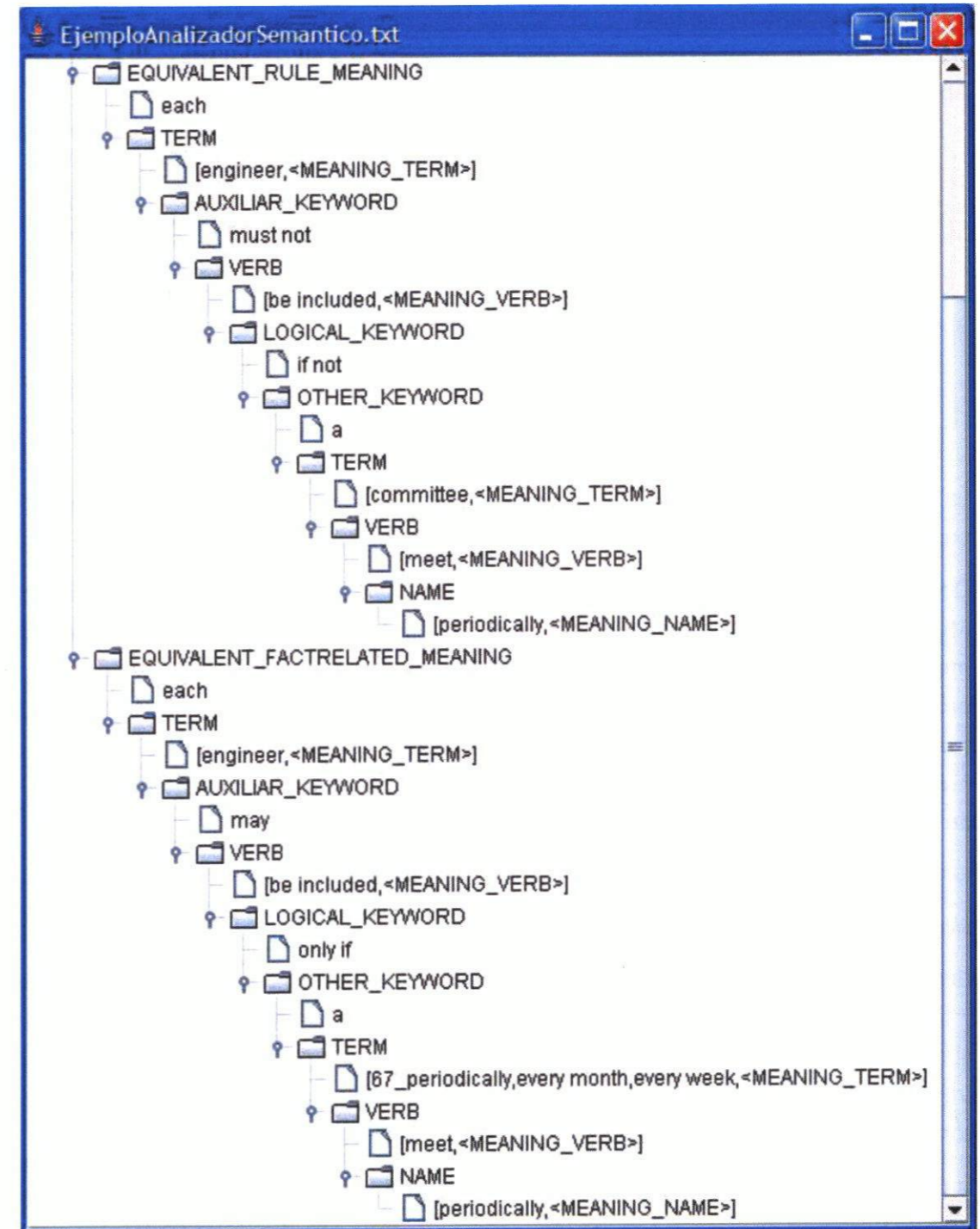


Figura 4-34: Resultado analizador semántico de la segunda regla de negocio

4.2.3 Tercera Fase: Comparación de Árboles SBVR

La tercera fase compara los dos árboles de sintaxis abstracta generados por el analizador SBVR. La comparación se basa en el método definido por D'Aquin [DAM10] y Alloca [AMM09] para determinar la similitud léxica, sintáctica y semántica de dos ontologías a través de la aplicación de las fórmulas algebraicas siguientes.

lexicographicallySimilarTo (X_1, X_2)	$\frac{ Voc(X_1) \cap Voc(X_2) }{\max(Voc(X_1) , Voc(X_2))} \geq T$
syntacticallySimilarTo (X_1, X_2)	$\frac{ X_1 \cap X_2 }{\max(X_1 , X_2)} \geq T$
semanticallySimilarTo (X_1, X_2)	$\frac{ LC(X_1, X_2) \cap LC(X_2, X_1) }{\max(X_1 , X_2)} \geq T$

La variable T es el umbral o *threshold* que marca numéricamente la similitud de la comparación mientras que las variables X_1 y X_2 representan las ontologías.

Debido a que el estándar SBVR también está relacionado con el ODM (Ontology Definition Metamodel) (Anexo K de [Sbv08]) y aunque existen diferencias apreciables entre ambos metamodelos, he decidido aplicar las fórmulas algebraicas de [DAM10] y [AMM09] ya que proporcionan un método matemático que puede ser aplicado a los vocabularios SBVR, sustentando de este modo una visión numérica de la comparación, y miden la similitud a nivel léxico, sintáctico y semántico, ofreciendo una perspectiva complementaria entre sí de cómo están formados los vocabularios SBVR.

Similitud Léxica

La ecuación algebraica *lexicographicallySimilarTo*(X_1, X_2) se utiliza para comparar *términos* y *tipos de hecho* así como los posibles sinónimos. $Voc(X_i)$ representa el texto de un nodo hijo del árbol de sintaxis abstracta en relación a un *término* (nodo padre `TERM`) o los dos o tres nodos hijo de un *tipo de hecho* (nodo padre `FACT_TYPE`). Esta ecuación se aplica comparando *términos* y *tipos de hecho*, de la forma siguiente:

Supongamos el siguiente conjunto de *términos* de un vocabulario que llamaremos $Voc(X_1)$:

project

Synonym: scheme

process

Synonym: order

Capítulo 4

Synonym: data

requirement

Synonym: need

asesment

estimation

Synonym: opinion

Y otro conjunto de *términos* de un vocabulario que lo identificaremos como $Voc(X_2)$ con el que compararlo:

scheme

forecast

requirement

Synonym: demand

Synonym: condition

result

Teniendo en cuenta dicha fórmula, los valores de las variables que la componen son los siguientes:

$|Voc(X_1)| = 5 \rightarrow$ Se corresponde con los cinco *términos* del vocabulario independientemente de los sinónimos: project, process, requirement, asesment y estimation.

$|Voc(X_2)| = 4 \rightarrow$ Se corresponde con los cuatro *términos* del vocabulario independientemente de los sinónimos: scheme, forecast, requirement y result.

$\max(|Voc(X_1)|, |Voc(X_2)|) = 5 \rightarrow$ Se corresponde con el vocabulario SBVR que tenga definido un mayor número de *términos* y en este caso es el primero con cinco.

$|Voc(X_1) \cap Voc(X_2)| = 2 \rightarrow$ Se corresponde, desde un punto de vista algebraico de lógica de conjuntos, con la intersección de los conjuntos de *términos* $Voc(X_1)$ y $Voc(X_2)$. La intersección de ambos es la que deriva de los *términos* *scheme* y *requirement*; por consiguiente es dos. Cabe destacar que el término *scheme* es sinónimo de *project* en el primer vocabulario mientras que en el segundo vocabulario es un *término* principal. Aquí donde entra en juego el papel de los sinónimos, es decir, en la intersección de los vocabularios pero no como suma del cómputo global de los *términos*.

Por tanto el resultado final es:

$$\frac{|Voc(X_1) \cap Voc(X_2)|}{\max(|Voc(X_1)|, |Voc(X_2)|)} = \frac{2}{5} = 0,4$$

Supongamos el siguiente vocabulario SBVR, conjunto de *tipos de hecho*, que llamaremos $Voc(X_1)$:

collaborative project *has* estimation

estimation *includes* work products

estimation *includes* tasks

Y $Voc(X_2)$ otro conjunto con el que compararlo.

project *has* estimation

estimation *includes* attributes

work products *has* attributes

tasks *has* attributes

Con la fórmula algebraica para los *términos*, los valores de las variables que la componen son los siguientes:

$|Voc(X_1)| = 9 \rightarrow$ Se corresponde con cada uno de los elementos que componen los tres *tipos de hecho* del vocabulario independientemente de los sinónimos. Debido a que hay tres *tipos de hecho* de la forma term *verb* term, el resultado es 3x3 (tres *tipos de hecho* con tres elementos cada uno de ellos). En caso de que haya un *tipo de hecho* de la forma term *verb* se contabiliza como dos elementos.

$|Voc(X_2)| = 12 \rightarrow$ Se corresponde con cada uno de los elementos de los cuatro *tipos de hecho* del vocabulario. En este caso 4x3 (cuatro *tipos de hecho* con tres elementos cada uno de ellos).

$\max(|Voc(X_1)|, |Voc(X_2)|) = 12 \rightarrow$ Se corresponde con el vocabulario SBVR definido con un mayor número de elementos en sus *tipos de hecho*. Para este ejemplo $Voc(X_2)$ es 12.

$|Voc(X_1) \cap Voc(X_2)| = 5,32 \rightarrow$ Se corresponde con 1 (*has*) + 1 (*estimation*) + 1 (*estimation*) + 1 (*includes*) + 0,66 (*work products*) + 0,66 (*tasks*).

Para el cálculo de la intersección de ambos vocabularios para los *tipos de hecho* contabilizo en primer lugar una intersección cuando un elemento de un *tipo de hecho* coincide con otro elemento de otro *tipo de hecho* en la misma posición. En caso de que un término o verbo se repitiera más de una vez en una misma posición, por ejemplo, el verbo *includes* se encuentra repetido dos veces en el $Voc(X_1)$ pero solo una en el $Voc(X_2)$, el resultado será el número menor de repeticiones para una misma posición. Por este motivo, *includes* se contabiliza con 1 y *has* con 1 aunque este verbo se repite tres

veces en $Voc(X_2)$ y uno de los términos *estimation* con 1 aunque aparece dos veces en la primera posición de $Voc(X_1)$.

En segundo lugar, asigno un valor de 0,66 cuando un término de un *tipo de hecho* en una posición determinada coincide en valor con otro término de otro *tipo de hecho* pero no en la posición. Por este motivo, *work products* y *tasks* contabilizan 0,66 ya que en un vocabulario son el segundo término y en el otro vocabulario el primero (Tabla 4-12).

$Voc(X_1)$			$Voc(X_2)$			TOTAL
Elemento	Posición	Repetición	Elemento	Posición	Repetición	
collaborative project	0	1	project	0	1	0
has	1	1	has	1	3	1
estimation	2	1	estimation	2	1	1
estimation	0	2	estimation	0	1	1
includes	2	1	includes	1	1	1
-	-	-	attributes	2	3	0
work products	2	1	work products	0	1	0,66
tasks	2	1	tasks	0	1	0,66

Tabla 4-12: Ejemplo comparación tipos de hecho

El resultado final será:

$$\frac{|Voc(X_1) \cap Voc(X_2)|}{\max(|Voc(X_1)|, |Voc(X_2)|)} = \frac{5,32}{12} = 0,4433$$

Similitud Sintáctica

Utilizo la aplicación de la ecuación algebraica *syntacticallySimilarTo*(X_1, X_2) para comparar las *reglas de negocio* donde X_i representa la secuencia de posibles *keywords* definidos en la especificación SBVR.

Supongamos las siguientes *reglas de negocio* X_1 y X_2 :

It is obligatory that each project is managed by exactly one project leader

It is permitted that the task leader of a work package is not the leader of the project

Al aplicar la fórmula algebraica, los valores de las variables que la componen son los siguientes:

$|X_1| = 6 \rightarrow$ Se corresponde con el número de diferentes palabras clave que componen la *regla de negocio*. En este caso, X_1 define seis: it is obligatory that, each, project, is managed by, exactly one y project leader.

$|X_2| = 12 \rightarrow$ Número de diferentes palabras clave para la *regla de negocio* X_2 : it is permitted that, the, task leader, of, a, work package, is not, the, leader, of, the y project.

$\max(|X_1|, |X_2|) = 12 \rightarrow$ Se corresponde con el máximo número de diferentes palabras clave que hay entre ambas *reglas de negocio*. En este caso, X_2 tiene doce mientras que X_1 tiene seis por lo que el resultado de este componente de la fórmula es doce.

$|X_1 \cap X_2| = 4 \rightarrow$ Se corresponde con las coincidencias de las palabras clave de las dos *reglas de negocio* en relación a la posición que ocupan en cada una de ellas respecto a la otra regla (ver Figura 4-35):

- it is obligatory that con it is permitted that puesto que ambas son palabras clave *modales* (posición 1).
- project y task leader puesto que ambas son *términos* (posición 3).
- is managed by y of puesto que ambas son *verbos* (posición 4).
- project leader y work package puesto que ambas son *términos* (posición 6).

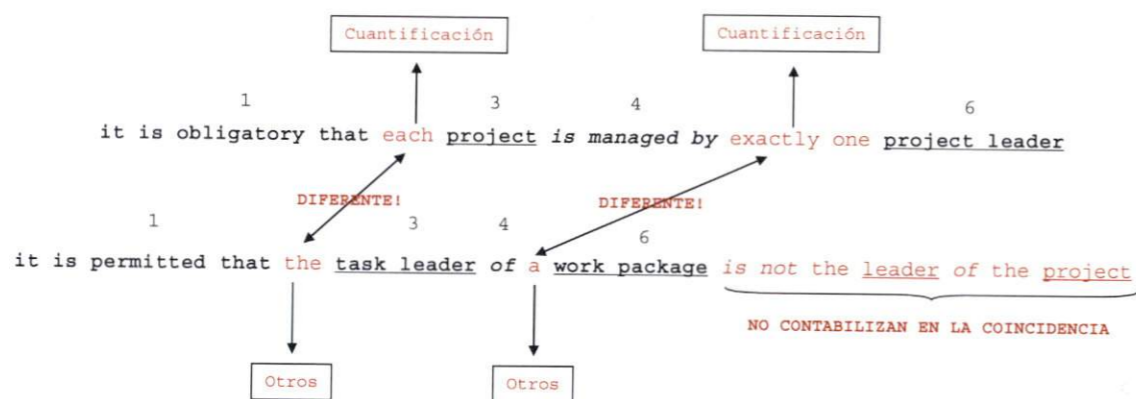


Figura 4-35: Comparación de reglas para la similitud sintáctica

En las posiciones 1, 3, 4 y 6 de las *reglas de negocio* existen coincidencias de tipos de palabras clave mientras que en el resto no se produce, como es el caso de las posiciones 2 y 5. Debido a que X_2 está compuesta por doce palabras clave, las seis últimas no las contabilizo para la similitud sintáctica.

Por tanto, el resultado final será:

$$\frac{|X_1 \cap X_2|}{\max(|X_1|, |X_2|)} = \frac{4}{12} = 0,33$$

Similitud Semántica

También aplico la ecuación algebraica *semanticallySimilarTo*(X_1, X_2), al igual que en la similitud sintáctica, para comparar *reglas de negocio*. No obstante, aunque compartan el mismo denominador, la variable $LC(X_1, X_2)$ del numerador representa las equivalencias semánticas entre dos reglas SBVR. El cálculo empleado para obtener la similitud semántica (equivalencias) es el más complejo de todo el proceso de comparación; los valores que les he asignado a las equivalencias y factores correctivos (Tabla 4-13) son fruto de una exhaustiva experimentación:

- **Equivalencias Modales**
 - Si el contenido de los *operadores modales* coincide en ambas reglas se contabiliza con un valor de 1,487.
 - Si el contenido de los *operadores modales* no coincide en ambas reglas pero tienen una relación de equivalencia definida en la sección 10.1.1 de [Sbv08] lo contabilizo con un valor de 2.
- **Equivalencias Verbales**. En caso de que el contenido del verbo coincida exactamente en ambas reglas y ocupen la misma posición, asigno un valor de 1,5. Sin embargo, también defino factores correctivos por la existencia de: proximidad, repeticiones, complejidad y parcialidad.
 - Proximidad. En caso de que el verbo coincida en ambas reglas pero ocupen posiciones diferentes y la diferencia entre dichas posiciones sea menor o igual que 2, aplico un factor correctivo de 0,72 al valor de 1,5; en caso de que dicha diferencia sea mayor, aplico como factor correctivo 0,347.
 - Repeticiones. Si el verbo se repite N veces en ambas reglas, aplico un factor correctivo de N al valor 1,5.
 - Complejidad. Cuando el valor se compone de tres o más elementos y coinciden todos ellos, contabilizo la equivalencia con un valor de 2 en lugar de 1,5.
 - Parcialidad. En caso de que el verbo se componga de M elementos y exista una coincidencia en N de ellos (siendo $N < M$), contabilizo la equivalencia con un valor de N/M .
- **Equivalencias de Términos y Conceptos Individuales**. Cuando el contenido del término o concepto individual coincide exactamente en ambas reglas y ocupan la

misma posición, contabilizo un 1. Para este tipo de equivalencias, defino los factores correctivos por proximidad y repetición.

- Proximidad. En caso de que el término coincida en ambas reglas pero ocupen posiciones diferentes y la diferencia entre ellas sea menor o igual que 2, aplico un factor correctivo de 0,72 al valor 1; en caso de que dicha diferencia sea mayor, aplico como factor correctivo 0,347. Para los conceptos individuales la diferencia entre las posiciones debe ser menor o igual a 4 para aplicar los mismos factores de corrección.
- Repeticiones. Si el término o concepto individual se repite N veces en ambas reglas, aplico un factor correctivo de N al valor 1.
- *Equivalencias de Hechos Relacionados.* Cuando el contenido del término o concepto individual no coincide, analizo para cada término de las reglas si tiene definido un hecho relacionado. Si es así, comparo el hecho relacionado con el término de la otra regla, los hechos relacionados entre sí y la posibilidad de que el tipo de hecho relacionado sea para conceptos individuales. Los valores que asigno, en caso de coincidencia, dependen del tipo de hecho relacionado:
 - Si es de tipo *role*, el valor es 1.
 - Si es de tipo *category*, el valor es de 0,65.
 - Si es de tipo *facet*, el valor es de 1,15.
 - Si es de tipo *concepto individual*, el valor es de 1.
- *Equivalencias de Otras Palabras Clave.* En caso de que el contenido de las denominadas *otras palabra clave* (por ejemplo: a, the, etc.) coincida exactamente en ambas reglas y ocupen la misma posición, contabilizo con un valor de 0,658. En este caso, los factores correctivos a aplicar son por la existencia de proximidad, repeticiones y similitudes.
 - Proximidad. En caso de que otras palabras clave coincidan en ambas reglas pero ocupen posiciones diferentes y la diferencia entre ellas sea menor o igual que 1, aplico un factor correctivo de 0,72 al valor 0,658; en caso de que dicha diferencia sea mayor, aplico como factor correctivo 0,347.
 - Repeticiones. Si el verbo se repite N veces en ambas reglas, aplico un factor correctivo de N al valor 0,658.
 - Similitudes. Se considera que no existe diferencia entre *a* y *an* por lo que asigno también un valor de 0,658.
- *Equivalencias de Operadores Lógicos y Auxiliares.* En caso de que el contenido de un operador lógico o un auxiliar de un verbo coincida exactamente en ambas

reglas y ocupen la misma posición, asigno 1, y los factores correctivos a aplicar son por la existencia de proximidad y repeticiones.

- Proximidad. En caso de que operadores lógicos y auxiliares coincidan en ambas reglas pero ocupen posiciones diferentes y la diferencia entre ellas sea menor o igual que 1, aplico un factor correctivo de 0,72 al valor 1; en caso de que dicha diferencia sea mayor, aplico como factor correctivo 0,347.
- Repeticiones. Si el verbo se repite N veces en ambas reglas, aplico un factor correctivo de N al valor 1.
- *Equivalencias de Reglas.* Cuando las reglas tienen las equivalencias definidas en el anexo C de [Sbv08] defino dos valores posibles:
 - Si dichas equivalencias son entre un auxiliar de verbo y un operador lógico, asigno el valor de 1,5.
 - Si son entre un operador modal y un operador lógico, asigno un 2.

Equivalencia	Valor	Proximidad	Repetición
Modal	1,487 → exacta 2 → equivalencia sección 10.1.1	-	-
Verbal	1,5 → exacta para < 3 elementos 2 → exacta para >=3 elementos N/M → parcial	<=2 → 0,72 >2 → 0,347	N → N
Término	1	<=2 → 0,72 >2 → 0,347	N → N
Concepto Individual	1	<=4 → 0,72 >4 → 0,347	N → N
Hechos Relacionados	1 → Rol 0,65 → Category 1,15 → Facet 1 → Individual	-	-
Otras Palabras Clave	0,658	=1 → 0,72 >1 → 0,347	N → N
Operadores Lógico	1	=1 → 0,72 >1 → 0,347	N → N
Auxiliares	1	=1 → 0,72 >1 → 0,347	N → N
Reglas	1,5 → auxiliar de verbo 2 → operador modal	-	-

Tabla 4-13: Cálculo equivalencia semántica

Las combinaciones que se pueden aplicar para calcular la similitud semántica entre dos reglas de negocio son múltiples, ya que intervienen numerosos factores. No obstante, supongamos las siguientes *reglas de negocio* X_1 y X_2 :

It is necessary that the estimation of the collaborative project includes work products and tasks

It is necessary that the estimation of the project includes attributes of work products and tasks

Al aplicar la fórmula algebraica de similitudes semántica, los valores de las variables que la componen son los siguientes:

$|X_1|=10 \rightarrow$ Al igual que en la similitud sintáctica, se corresponde con el número de diferentes palabras clave que tiene definidas la regla.

$|X_2|=12 \rightarrow$ Número de diferentes palabras clave para la regla X_2 .

$\max(|X_1|, |X_2|)=12 \rightarrow$ El mayor valor de $|X_1|$ y $|X_2|$.

$|LC(X_1, X_2) \cap LC(X_2, X_1)|=8,976 \rightarrow$ Según las equivalencias existentes:

- **Equivalencia Modal:** 1,5. Las dos reglas comienzan con el mismo operador modal *It is necessary that*.
- **Equivalencia Término:** 1+2*0,72.
 - Las dos reglas coinciden en posición y valor con el término estimation (1).
 - Las dos reglas coinciden en valor pero no en posición con los términos work products y tasks (2*0,72).
- **Equivalencia de Otras Palabras Clave:** 2*0,658. Las dos reglas coinciden en posición y valor con *the* (0,658), y se repite dos veces.
- **Equivalencia Verbal:** 2*1,5. Las dos reglas coinciden con *of* e *includes* en valor y posición.
- **Equivalencia de Operador Lógico:** 0,72. Las dos reglas coinciden en el operador lógico *and* pero no en su posición.

Por tanto, el resultado será:

$$\frac{|LC(X_1, X_2) \cap LC(X_2, X_1)|}{\max(|X_1|, |X_2|)} = \frac{8,976}{12} = 0,748$$

4.2.4 Cuarta Fase: Resultados Finales

La última fase del proceso de comparación muestra la similitud léxica, sintáctica y semántica entre cada una de las reglas de negocio que componen dos vocabularios escritos con el estándar SBVR. El resultado es expresado en porcentaje y es la consecuencia de aplicar las fórmulas algebraicas con la asignación de valores numéricos correspondientes para los términos, tipos de hecho y reglas de negocio con sus hechos relacionados.

Los resultados finales los clasifiqué en cuatro grupos, en función del grado de similitud entre las reglas de los vocabularios. Cada uno de los grupos define un conjunto de umbrales o *thresholds* a nivel léxico para términos y tipos de hecho así como a nivel sintáctico y semántico para las propias reglas de negocio que marcan los rangos y combinaciones que el resultado de una comparación debe cumplir para pertenecer a uno u otro.

Prácticamente Iguales

Prácticamente Iguales				
Léxico – Términos		Léxico – Tipos	Sintáctico – Reglas	Semántico – Reglas
-	-	-	>95%	>95%
>60%	OR	>60%	>=80%	>=80%
>33%	AND	>33%	>=90%	>=75%

Tabla 4-14: Márgenes de la clasificación Prácticamente Iguales

Similares con Diferencias Pequeñas

Similares con diferencias pequeñas				
Léxico – Términos		Léxico – Tipos	Sintáctico – Reglas	Semántico – Reglas
>=50%	AND	>=50%	60-80%	60-80%
>=60%	OR	>=50%	60-80%	>80%
>=60%	AND	>=50%	>80%	60-80%
>=33%	AND	>=10%	>=80%	>=70%
>=33%	AND	>=33%	>=75%	>=60%
>=0%	AND	>=15%	>=70%	>=60%
>=0%	AND	>=15%	>=60%	>=70%

Tabla 4-15: Márgenes de la clasificación Similares con Diferencias Pequeñas

Similares con Diferencias Apreciables

Similares con diferencias apreciables				
Léxico – Términos	Léxico – Tipos	Sintáctico – Reglas	Semántico – Reglas	
>=33%	AND	>=50%	33-60%	33-60%
>=60%	AND	>=40%	33-60%	33-60%
>=33%	AND	>=33%	33-60%	>60%
>=33%	AND	>=33%	>60%	45-60%
>=50%	AND	>=25%	>=45%	>=32%

Tabla 4-16: Márgenes de la clasificación Similares con Diferencias Apreciables

Distintas

Distintas			
Léxico – Términos	Léxico – Tipos	Sintáctico – Reglas	Semántico – Reglas
Resto de posibilidades no contempladas en los anteriores casos			

Tabla 4-17: Márgenes de la clasificación Distintas

El resultado final del proceso de comparación lo represento a través de un árbol donde los nodos principales indican el grado de similitud de las reglas de negocio con las etiquetas: PRACTICAMENTE_IGUALES, SIMILARES_DIFERENCIAS_PEQUEÑAS, SIMILARES_DIFERENCIAS_APRECIABLES o DIFERENTES. Sus nodos hijo se corresponden con las dos reglas SBVR que se comparan (etiquetas RULE) así como el resultado expresado en porcentaje del propio proceso para los niveles léxico (LEXICAL), sintáctico (SYNTACTIC) y semántico (SEMANTIC). En la Figura 4-36 muestro un ejemplo del resultado final de la comparación de dos reglas de los vocabularios.

En la última etiqueta del árbol (RESUMEN) añado un breve resumen con la siguiente información (ver Figura 4-37):

- Número total de comparaciones realizadas durante el proceso
- Número de comparaciones pertenecientes al grupo *prácticamente iguales*
- Número de comparaciones pertenecientes al grupo *similares con diferencias pequeñas*
- Número de comparaciones pertenecientes al grupo *similares con diferencias apreciables*
- Número de comparaciones pertenecientes al grupo *diferentes*

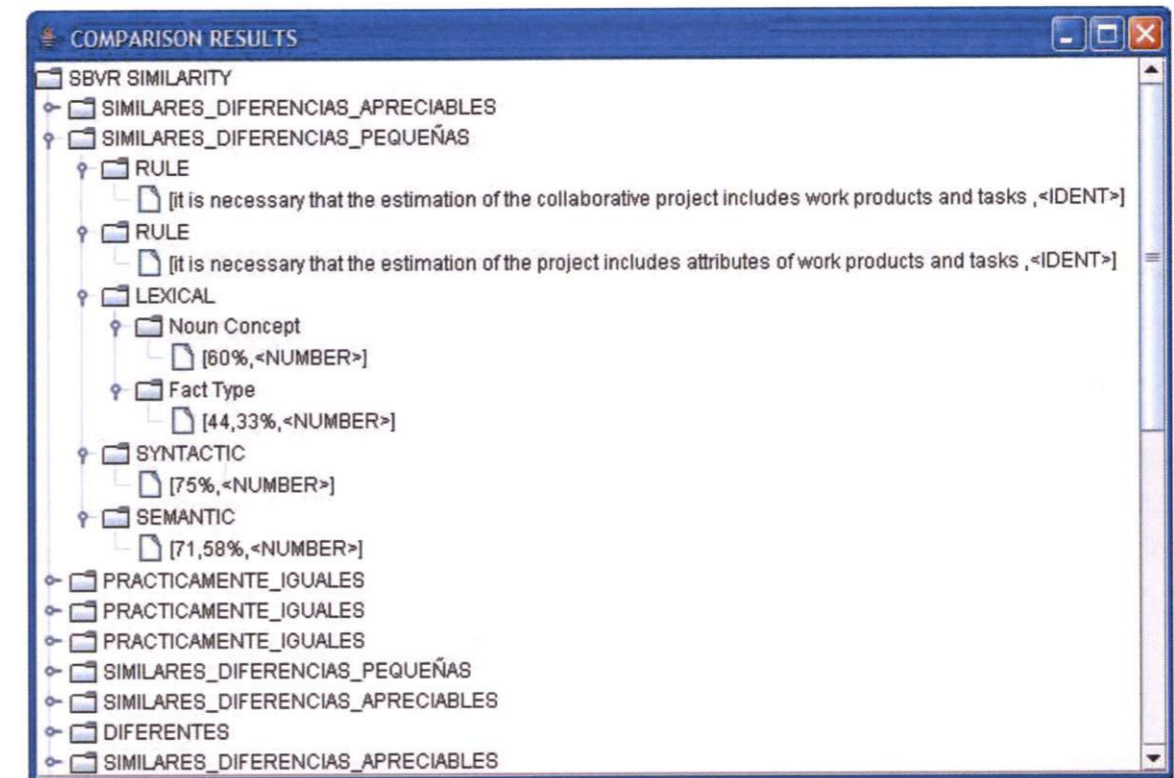


Figura 4-36: Ejemplo de resultado del proceso de comparación

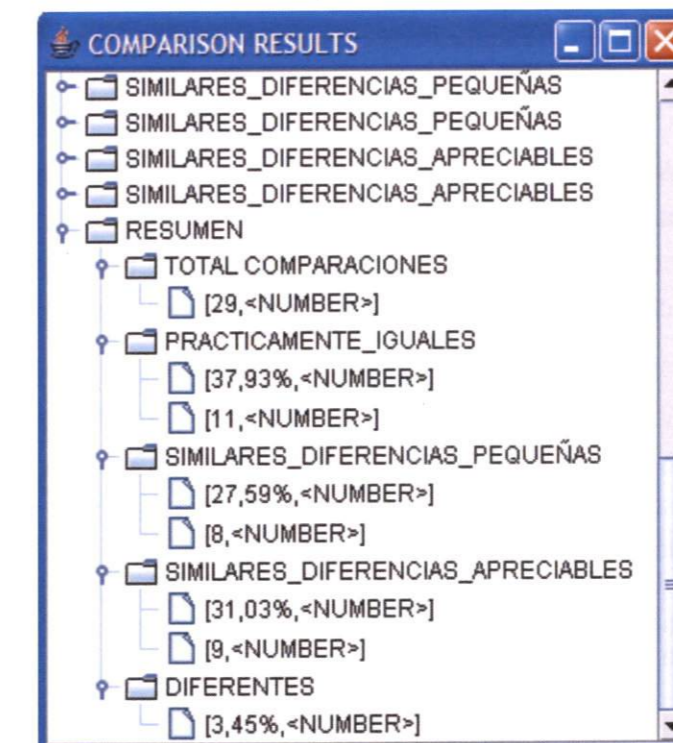


Figura 4-37: Ejemplo del resumen del resultado del proceso de comparación

4.3 Creación y Evolución del Modelo Dinámico

En esta sección presento, en primer lugar, cómo se debe escribir un caso de colaboración entre organizaciones utilizando el estándar SBVR para que cumpla con mi modelo dinámico, y en segundo lugar, explico cómo evolucionaría dicho modelo a lo largo del tiempo para adaptarse a los cambios derivados de, por ejemplo, nuevos enfoques en las colaboraciones empresariales, enriqueciendo así su definición.

4.3.1 Creación de mi Modelo Dinámico

La base para crear este modelo dinámico es la definición de un conjunto de palabras clave formada por *términos* y *tipos de hecho* escritos mediante el estándar SBVR dentro de la estructura dinámica definida con todos los vocabularios SBVR contemplados por el modelo.

A continuación presento todos los elementos del modelo y un ejemplo explicativo de un caso de colaboración.

Sector

Para representar los diferentes sectores que participan en la colaboración, utilizo el eje X de coordenadas de la estructura dinámica.

Con SBVR este eje queda representado de la forma siguiente:

sector is \$sector₁ and \$sector₂ and ... and \$sector_N

El término sector está definido por un conjunto *conceptos individuales*⁶ que representan los sectores que participan en la colaboración. Por tanto, todo vocabulario SBVR que contenga este *tipo de hecho* indicará de manera simbólica los sectores de la estructura dinámica para una colaboración determinada. Por ejemplo:

sector is energy and aeronautic

Tamaño

El eje Y de coordenadas de la estructura dinámica se emplea para representar el tamaño de las empresas que participan en la colaboración, es decir, el número de empleados de la organización o el número de personas involucradas en la colaboración.

La manera en la que con SBVR represento el *tamaño* es:

size is \$size₁ and \$size₂ and ... and \$size_N

El término size queda definido por un conjunto de *conceptos individuales* que contienen el valor del propio término. Por lo tanto, todo vocabulario SBVR que contenga este *tipo*

⁶ El símbolo \$ simplemente indica que es un valor

de hecho indicará de manera simbólica el tamaño de las empresas que participan para una colaboración determinada. Por ejemplo:

size is 30 and 64 and 13

Rol

Finalmente, el eje Z de coordenadas de la estructura dinámica que empleo para definir el rol de las personas que participan en la colaboración, en SBVR se representa como sigue:

role is \$role₁ and \$role₂ and ... and \$role_N

El término role también lo defino con un conjunto de *conceptos individuales* que contienen el valor de los distintos roles que participan en la colaboración y, por lo tanto, todo vocabulario SBVR que contenga este *tipo de hecho* indicará de manera simbólica los roles de las personas que participan en la colaboración. Por ejemplo:

role is project leader and engineer and software developer

Área de Proceso

La definición de las áreas de proceso para la estructura dinámica sigue el mismo esquema SBVR empleado para los ejes de coordenadas donde un *término*, en este caso process area, queda definido por los *conceptos individuales* que dan valor a las áreas de proceso de la colaboración:

process area is \$process area₁ and \$process area₂ and ... and \$process area_N

Con esta definición SBVR simplemente indico el nombre de las áreas de proceso. No obstante, las áreas de proceso se representan de manera unívoca a partir de los valores que se hayan definido en los tres ejes de coordenadas: *sector*, *tamaño* y *rol*. Así, además de los nombres, también queda reflejada su posición en los ejes:

The individual concept '\$process area_x' is a process area that is related to the individual concept '\$sector₁' of the noun concept 'sector' and to the individual concept '\$size₁' of the noun concept 'size' and to the individual concept '\$role₁' of the noun concept 'role'

Esta sentencia SBVR se denomina *hecho relacionado* y sirve de "apoyo" a las *reglas de negocio* y *tipos de hecho* en los vocabularios SBVR: '\$sector₁' es uno de los sectores definidos por el término sector; '\$size₁' es uno de los tamaños definidos para el término size y '\$role₁' es uno de los roles definidos para el término role.

También se puede dar la situación donde participen varios roles en las áreas de proceso o pertenezcan a más de un sector. Por ejemplo, en la gestión de proyectos no solo participa un jefe de proyecto sino que también lo hace un director técnico. En estos casos, la parte del *hecho relacionado* para los roles lo defino de la siguiente manera:

... and to the individual concept '\$role₁' and '\$role₂' and ... and '\$role_x' of the noun concept 'role'

Es decir, añado tantos conceptos individuales como sean necesarios y empleo el mismo mecanismo para las otras dos variables.

... and to the individual concept '\$sector₁' and '\$sector₂' and ... and '\$sector_x' of the noun concept 'sector'

... and to the individual concept '\$size₁' and '\$size₂' and ... and '\$size_x' of the noun concept 'size'

Independientemente del número de conceptos individuales que se definan en el *hecho relacionado*, cada una de las áreas de proceso que se definan para el vocabulario SBVR de una colaboración debe tener asociado obligatoriamente un *sector*, un *tamaño* y un *rol*. Es decir, cada *concepto individual* del término *process area* debe dar lugar a un *hecho relacionado* con la estructura SBVR.

Finalmente, en el modelo dinámico de colaboración tengo en cuenta la agrupación de las áreas de proceso con el objeto de establecer una relación agrupación-empresa. Expreso la definición del grupo de áreas de proceso a través de un *término* con sus *conceptos individuales*:

process area group is \$process area group₁ and \$process area group₂ and ... and \$process area group_N

Posteriormente defino un *hecho relacionado* para describir qué áreas de proceso conforman dicho grupo.

The individual concept '\$process area group₁' is a process area group that includes the individual concept '\$process area₁' of the noun concept 'process area' and ... and the individual concept '\$process area_N' of the noun concept 'process area'

Cada uno de los grupos de áreas de proceso que se definan para el vocabulario SBVR de una colaboración debe tener asociado obligatoriamente un conjunto de áreas de proceso que previamente se hayan definido. Es decir, cada *concepto individual* del término *process area group* debe dar lugar a un *hecho relacionado* con esta estructura SBVR.

Por otro lado, las *áreas de proceso* incluidas en un grupo deben estar definidas por un sector, rol y tamaño por lo que añado un *hecho relacionado* en él, en el caso de que el área de proceso pertenezca a varios grupos.

The role of \$process area_x is \$role_x

The sector of \$process area_x is \$sector_x

The size of \$process area_x is \$size_x

Un ejemplo de la definición para áreas de proceso y sus grupos sería el siguiente:

process area is *project management* and *quality assurance* and *marketing*

The individual concept 'project management' is a process area that is related to the individual concept 'aeronautic' of the noun concept 'sector' and to the individual concept '13' of the noun concept 'size' and to the individual concept 'project leader' of the noun concept 'role'

The individual concept 'quality assurance' is a process area that is related to the individual concept 'energy' of the noun concept 'sector' and to the individual concept '64' of the noun concept 'size' and to the individual concept 'engineer' of the noun concept 'role'

The individual concept 'marketing' is a process area that is related to the individual concept 'aeronautic' of the noun concept 'sector' and to the individual concept '30' of the noun concept 'size' and to the individual concept 'software developer' of the noun concept 'role'

process area group is EnterpriseA and EnterpriseB

The individual concept 'EnterpriseA' is a process area group that includes the individual concept 'project management' of the noun concept 'process area' and the individual concept 'marketing' of the noun concept 'process area'

The individual concept 'EnterpriseB' is a process area group that includes the individual concept 'quality assurance' of the noun concept 'process area'

Malla de Proceso

La malla de proceso dentro de la estructura dinámica sirve para indicar que entre dos áreas de proceso existe una relación de colaboración y se define a través de una o varias *reglas de negocio*. El objetivo de la definición SBVR para la malla de proceso es situar el contexto colaborativo de la *regla de negocio* a la cual va dirigida pero cómo se establece dicha relación es responsabilidad de las propias reglas. Un ejemplo del contexto colaborativo es la distinción entre la colaboración interna en una organización y la colaboración entre áreas de proceso pertenecientes a entidades diferentes:

external mesh between \$process area_A and \$process area_B

internal mesh between \$process area_C and \$process area_D

Debido al *hecho relacionado* de las áreas de proceso donde se describe el sector, rol y tamaño, en la malla de proceso se define implícitamente si la colaboración se realiza entre empresas del mismo sector o entre roles similares en el caso de que cada área de

proceso se defina únicamente a través de un único sector, rol o tamaño. En caso contrario introduzco el siguiente *hecho relacionado*:

The role of \$process area_x is \$role_x

Para el sector y tamaño se realiza del mismo modo:

The sector of \$process area_x is \$sector_x

The size of \$process area_x is \$size_x

A continuación, se muestra un ejemplo donde una *regla de negocio* se interpreta en un contexto de colaboración entre dos áreas de proceso (technical specification y quality assurance) que pertenecen a una misma organización (internal mesh) y donde una de las áreas de proceso (technical specification) tiene definido más de un rol mientras que para la otra área de proceso (quality assurance) se conoce de manera implícita en qué rol participa:

It is obligatory that each design of a system is UML

internal mesh between technical specification and quality assurance

The role of technical specification is technical analyst

Ciclo de Vida

La representación en SBVR del ciclo de vida de la colaboración dentro de la estructura dinámica contiene el *tipo de hecho* formado por el término life cycle y las fases que lo componen (\$phase₁, \$phase₂, etc.). Además y aunque no es obligatorio, es recomendable definir un *hecho relacionado* donde se relacione la fase definida dentro del ciclo de vida con el *concepto de nombre general* phase.

life cycle has \$phase₁ and \$phase₂ and ... and \$phase_N

The noun concept '\$phase_x' is a facet of the noun concept 'phase'

Por otro lado, también deben reflejarse los cambios en la colaboración originados por la evolución dentro de las propias fases del ciclo de vida. La siguiente sentencia SBVR permite situar un contexto, en este caso dentro de las fases del ciclo de vida, para las *reglas de negocio* correspondientes.

life cycle mesh between \$phase₁ and \$phase₂

A continuación, muestro un ejemplo con la definición de un ciclo de vida con tres fases (creation, operation y dissolution) y sus correspondientes *hechos relacionados*; y una *regla de negocio* en el contexto de los cambios entre dos fases del ciclo de vida (creation y operation).

life cycle has creation and operation and dissolution

The noun concept 'creation' is a facet of the noun concept 'phase'

The noun concept 'operation' is a facet of the noun concept 'phase'

The noun concept 'dissolution' is a facet of the noun concept 'phase'

It is obligatory that the contract of collaboration is signed

life cycle mesh between creation and operation

Tipos de Colaboración

Los tipos de colaboración son las relaciones que se establecen entre las organizaciones dentro de un modelo. Hay muchos pero las más comunes son las que defino a continuación con el estándar SBVR:

collaboration is supply chain or collaborative network organisation or business ecosystem

Donde el término collaborative network organisation se compone de otros *conceptos individuales*.

collaborative network organisation is strategic alliance or ute or externalisation or internal organisation

En un ejemplo real no se tendrían que definir exactamente estos tipos de colaboración aunque sería necesario utilizar el término collaboration junto con los valores correspondientes.

Finalmente, el objetivo principal de esta definición es establecer qué organizaciones, de las involucradas, trabajan con un tipo de relación concreto tal y como se muestra en el siguiente ejemplo:

\$process area group₁ with \$process area group₂ is \$collaboration

Como las agrupaciones de las áreas de proceso se corresponden a una organización determinada, esta definición SBVR indica implícitamente el tipo de colaboración entre organizaciones. Por ejemplo:

EnterpriseA with EnterpriseB is supply chain

Relación entre la estructura dinámica y la definición SBVR

La Tabla que se muestra a continuación relaciona a modo de resumen las definiciones SBVR con cada uno de los elementos que componen la estructura dinámica.



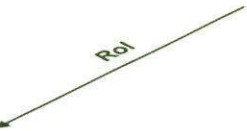

Elemento	SBVR	Hechos Relacionados
Sector 	$\text{sector is } \$\text{sector}_1 \text{ and } \$\text{sector}_2 \text{ and } \dots \text{ and } \sector_N	No
Tamaño 	$\text{size is } \$\text{size}_1 \text{ and } \$\text{size}_2 \text{ and } \dots \text{ and } \size_N	No
Rol 	$\text{role is } \$\text{role}_1 \text{ and } \$\text{role}_2 \text{ and } \dots \text{ and } \role_N	No
Área de Proceso 	$\text{process area is } \$\text{process area}_1 \text{ and } \$\text{process area}_2 \text{ and } \dots \text{ and } \process area_N	<p>Obligatoriamente el hecho relacionado debe definir al menos un sector, rol y tamaño:</p> <p>The individual concept '\$process area_x' is a process area that is related to the individual concept '\$sector_1' of the noun concept 'sector' and to the individual concept '\$size_1' of the noun concept 'size' and to the individual concept '\$role_1' of the noun concept 'role'</p> <p>Opcionalmente el hecho relacionado podría incluir:</p> <p>... and to the individual concept '\$role_1' and '\$role_2' and ... and '\$role_x' of the noun concept 'role'</p> <p>... and to the individual concept '\$sector_1' and '\$sector_2' and ... and '\$sector_x' of the noun concept 'role'</p> <p>... and to the individual concept '\$size_1' and '\$size_2' and ... and '\$size_x' of the noun concept 'role'</p>

Tabla 4-18: Relación entre estructura dinámica y definición SBVR I




Elemento	SBVR	Hechos Relacionados
Áreas de Proceso de una empresa (agrupación) 	$\text{process area group is } \$\text{process area group}_1 \text{ and } \$\text{process area group}_2 \text{ and } \dots \text{ and } \$\text{process area group}_N$	<p>The individual concept '\$process area_group_x' is a process area group that includes the individual concept '\$process area_1' of the noun concept 'process area' and ... and the individual concept '\$process area_N' of the noun concept 'process area'</p> <p>Opcionalmente podría incluir:</p> <p>The role of \$process area_x is \$role_x</p> <p>The sector of \$process area_x is \$sector_x</p> <p>The size of \$process area_x is \$size_x</p>
Malla de Proceso* (colaboración entre diferentes organizaciones) 	$\text{external mesh between } \$\text{process area}_A \text{ and } \process area_B	<p>Obligatoriamente es dependiente de una regla de negocio</p> <p>Opcionalmente podría incluir:</p> <p>The role of \$process area_x is \$role_x</p> <p>The sector of \$process area_x is \$sector_x</p> <p>The size of \$process area_x is \$size_x</p>
Malla de Proceso* (colaboración en una misma organización) 	$\text{internal mesh between } \$\text{process area}_C \text{ and } \process area_D	<p>Obligatoriamente es dependiente de una regla de negocio</p> <p>Opcionalmente podría incluir:</p> <p>The role of \$process area_x is \$role_x</p> <p>The sector of \$process area_x is \$sector_x</p> <p>The size of \$process area_x is \$size_x</p>

Tabla 4-19: Relación entre estructura dinámica y definición SBVR II



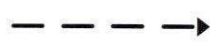

Elemento	SBVR	Hechos Relacionados
<p>Ciclo de Vida</p>  <p>Fase del Ciclo de Vida</p> 	<p>life cycle has \$phase₁ and \$phase₂ and ... and \$phase_N</p>	<p>The noun concept '\$phase_x' is a facet of the noun concept 'phase' → No es obligatorio</p>
<p>Malla de Proceso entre Fases del Ciclo de Vida</p> 	<p>life cycle mesh between \$phase₁ and \$phase₂</p>	<p>No aunque obligatoriamente es dependiente de una regla de negocio</p>
<p>Tipo de Colaboración*</p> 	<p>collaboration is \$collaboration₁ and \$collaboration₂ and ... and \$collaboration_N</p>	<p>No</p>
<p>* Este elemento queda definido tanto por los tipos de colaboración que se definan como por los grupos de áreas de proceso que conforman una determinada colaboración</p>	<p>\$process area group₁ with \$process area group₂ is \$collaboration</p>	<p>No</p>

Tabla 4-20: Relación entre estructura dinámica y definición SBVR III

4.3.2 Normas para la Definición SBVR del Modelo Dinámico

La utilización del estándar SBVR para definir vocabularios y reglas de negocio permite un abanico muy amplio de posibilidades relacionadas con la construcción de frases gramaticales. Es decir, aunque el estándar indica hasta cierto punto cómo se deben construir los vocabularios y reglas de negocio desde el punto de vista semántico y lógico, esto no garantiza la homogeneidad en la escritura de vocabularios SBVR. Para minimizar el impacto de esta variabilidad, he establecido las siguientes consideraciones en cuanto a su definición a través del estándar SBVR de mi modelo dinámico:

- *Limitar la concatenación de reglas.* Es mejor reglas cortas y sencillas que reglas largas unidas por conjunciones que compartan un punto inicial común de la regla. Por ejemplo, la regla de negocio:

The scope of the collaborative project is based on previous estimations and is estimated with a top-level work breakdown structure

debería ser subdividida en dos:

The scope of the collaborative project is based on previous estimations

The scope of the collaborative project is estimated with a top-level work breakdown structure

- Emplear la estructura "term₁ of term₂" en las reglas de negocio y su correspondiente "term₂ has term₁" en los tipos de hecho. Por ejemplo:

The internal analysis of collaborators is done by market leader
collaborators has internal analysis

- Los términos que se definen con un concepto individual, tienen asociado un hecho relacionado donde se especifican qué valores puede tomar. En aquellas reglas de negocio donde se define una relación "term is name" (no tendría que ser con el verbo is), también habría que definir un hecho relacionado con la forma "term is name₁ or name₂ or ... or name_N". Por ejemplo:

The protection criteria of products is reviewed periodically
protection criteria is reviewed periodically or every month

- Cada término de una regla de negocio compuesto por más de una palabra tendrá al menos un hecho relacionado que lo complete. Por ejemplo, la siguiente regla de negocio se construye a partir de dos términos que contienen más de una palabra:

A specific team review the result of assurance evaluation

Por lo tanto, cada uno de estos términos tendrá un hecho relacionado:

The noun concept 'specific team' is a role that ranges over the noun concept 'team'

The noun concept 'assurance evaluation' is a category of the noun concept 'evaluation'

- Se utilizarán cuatro tipos diferentes de hechos relacionados en el caso de que haga falta.

El primero se utiliza para indicar que un término es similar a otro término a través de role y ranges over.

The noun concept 'collaborative team' is a role that ranges over the noun concept 'team'

El segundo se emplea para describir que un término conceptualmente es una implementación de otro a través de facet y of.

The noun concept 'stakeholder' is a facet of the noun concept 'member'

El tercer hecho relacionado se utiliza para indicar que un término es una tipología de otro a través de category y of.

The noun concept 'previous estimations' is a category of the noun concept 'estimations'

El cuarto se utiliza para definir los valores que puede tomar un término a través de los conceptos individuales con la forma "term is name₁ or name₂ or ... or name_N" tal y como se ha explicado anteriormente.

review is every week or every month

4.3.3 Evolución de mi Modelo Dinámico

La evolución del modelo dinámico se determina por las modificaciones que deben producirse en los vocabularios SBVR que componen el modelo, todo ello dentro de su estructura base. El procedimiento que determina dicha evolución contempla la aplicación del proceso de comparación de vocabularios SBVR de tal manera que un conjunto de reglas definidas para una colaboración organizacional determinada, sea sustituida por otro conjunto de reglas que superan en número y coincidencia a las anteriores, y lo formalizo utilizando notación algebraica.

Así, $SBVR = \{RN, TH, HR, TE\}$ representa la composición de cualquier vocabulario SBVR; siendo RN el conjunto de *reglas de negocio*, TH el conjunto de *tipos de hecho*, HR el de *hechos relacionados* y TE el de *términos*⁷ que forman el vocabulario. Para que éste sea parte del modelo dinámico, debe implementar obligatoriamente el conjunto de elementos de su estructura como *sector*, *size*, *role*, *process area*, *external mesh*, *life cycle*, etc. a través de los *tipos de hecho* y *hechos relacionados* que lo he denominado *definición fija*; también es posible utilizar *términos* y *hechos relacionados* para ayudar a comprender los elementos de la *denominación fija* que he denominado *definición opcional*; finalmente estarían todas las *reglas de negocio*, *tipos de hecho*, *hechos relacionados* y *términos* que definen el propio contenido de la colaboración empresarial siguiendo la especificación SBVR y que los he identificado como *definición variable* (ver ANEXO 3).

Por lo tanto, como el modelo dinámico se representa a partir de una *definición fija* y otra *variable*, el vocabulario SBVR del modelo dinámico incluye el conjunto de *reglas de negocio*, *tipos de hecho*, *hechos relacionados* y *términos* tanto fijos ($SBVR_F$) como variables ($SBVR_V$) además de las partes opcionales ($SBVR_O$). Todas ellas componen el modelo dinámico ($SBVR_M$).

$$SBVR_F = \{TH_F, HR_F\} \quad SBVR_O = \{HR_O, TE_O\} \quad SBVR_V = \{RN_V, TH_V, HR_V, TE_V\}$$

⁷ Incluye también a los conceptos individuales

$$SBVR_M = SBVR_F \cup SBVR_O \cup SBVR_V$$

Además, dado que la evolución del modelo dinámico se basa en la utilización del proceso de comparación de vocabularios SBVR que determina su similitud, es necesario establecer a partir de qué punto o porcentaje se considera que las reglas son parecidas (ver Tablas 4-14, 4-15, 4-16 y 4-17).

Estos porcentajes del proceso de comparación solo los aplico a la parte *variable* de los vocabularios SBVR que definen mi modelo, es decir, $SBVR_V$ ya que la parte *fija* $SBVR_F$ lo utilizo como base para la comparación entre diferentes partes variables de los vocabularios. Así, por ejemplo, un conjunto de *reglas de negocio* que definen la colaboración entre una empresa del sector TIC y otra del sector maderero, se compararán con otras reglas que definan una colaboración para otra empresa del sector TIC y maderero pero no con otras reglas que definan la colaboración entre un empresa del sector TIC y aeronáutico.

Sea un un conjunto de vocabularios SBVR ($SBVR_{1M}$, $SBVR_{2M}, \dots$, $SBVR_{NM}$) que contienen cada uno un conjunto de *reglas de negocio*, *tipos de hecho*, *hechos relacionados* y *términos* para una parte fija determinada ($SBVR_{1F}$, $SBVR_{2F}, \dots$, $SBVR_{NF}$) tal que:

$$\begin{aligned} SBVR_{1M} &= \{RN_{1M1}, RN_{1M2}, \dots, RN_{1Mn}, TH_{1M1}, TH_{1M2}, \dots, TH_{1Mn}, HR_{1M1}, HR_{1M2}, \dots, HR_{1Mn}, TE_{1M1}, TE_{1M2}, \dots, TE_{1Mn}\} \rightarrow SBVR_{1F} \\ SBVR_{2M} &= \{RN_{2M1}, RN_{2M2}, \dots, RN_{2Mn}, TH_{2M1}, TH_{2M2}, \dots, TH_{2Mn}, HR_{2M1}, HR_{2M2}, \dots, HR_{2Mn}, TE_{2M1}, TE_{2M2}, \dots, TE_{2Mn}\} \rightarrow SBVR_{2F} \\ &\dots \\ SBVR_{NM} &= \{RN_{NM1}, RN_{NM2}, \dots, RN_{NMn}, TH_{NM1}, TH_{NM2}, \dots, TH_{NMn}, HR_{NM1}, HR_{NM2}, \dots, HR_{NMn}, TE_{NM1}, TE_{NM2}, \dots, TE_{NMn}\} \rightarrow SBVR_{NF} \end{aligned}$$

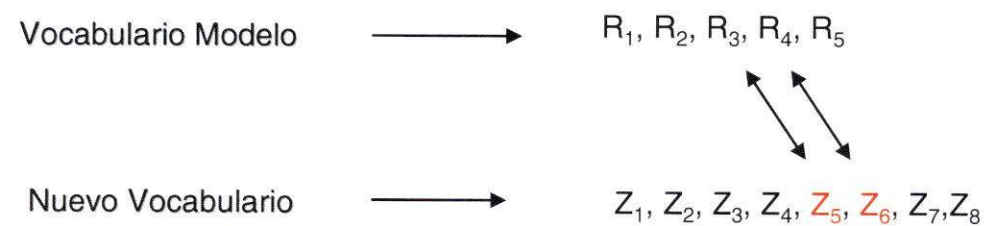
Siguiendo mi modelo la evolución se daría al comparar un vocabulario $SBVR_{1Z}$ con un vocabulario $SBVR_{1M}$. $SBVR_{1Z}$ no se encuentra en el modelo pero se define con una parte fija $SBVR_{1F}$ y un conjunto de reglas de negocio (se omiten los *tipos de hecho*, los *hechos relacionados* y los *términos* para una mayor brevedad pero en realidad deberían de estar incluidos). $SBVR_{1M}$ contiene la misma parte fija $SBVR_{1F}$, es decir, no se encuentra en ninguno de los grupos que marcan los rangos de similitud entre reglas una vez aplicado el proceso comparativo, ni tampoco los superan los sucesivos vocabularios $SBVR_{2Z}$, $SBVR_{3Z}, \dots$, $SBVR_{XZ}$ con la misma parte fija $SBVR_{1F}$, pero sí entre ellos para un conjunto de *reglas de negocio* (con sus respectivos *tipos de hecho*, *hechos relacionados* y *términos*) tal que el número de coincidencias W es mayor que el número de reglas V del vocabulario $SBVR_{1M}$.

$$\begin{aligned} SBVR_{1Z} &= \{RN_{1Z1}, RN_{1Z2}, \dots, RN_{1Zw}, \dots, RN_{1Zn}\} \rightarrow SBVR_{1F} \\ SBVR_{2Z} &= \{RN_{2Z1}, RN_{2Z2}, \dots, RN_{2Zw}, \dots, RN_{2Zn}\} \rightarrow SBVR_{1F} \\ &\dots \\ SBVR_{XZ} &= \{RN_{XZ1}, RN_{XZ2}, \dots, RN_{XZw}, \dots, RN_{XZn}\} \rightarrow SBVR_{1F} \end{aligned}$$

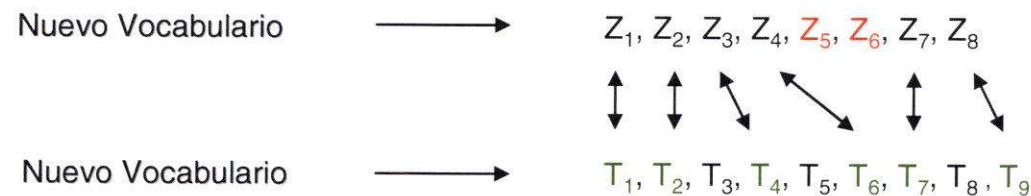
Es decir, si un conjunto de reglas del vocabulario $SBVR_{1Z}$, RN_{1Z1} , $RN_{1Z2}, \dots, RN_{1Zw}$ no cumplen con los criterios de similitud para las reglas RN_{1M1} , $RN_{1M2}, \dots, RN_{1Mv}$ pero en

cambio sí cumplen con las reglas $R_{N_{XZ1}}, R_{N_{XZ2}}, \dots, R_{N_{XZW}}$ de otro vocabulario $SBVR_{XZ}$ y el número de reglas similares de los vocabularios $SBVR_{1Z}$ y $SBVR_{XZ}$ es mayor que el número de reglas del vocabulario del modelo dinámico $SBVR_{1M}$, entonces el modelo contará con un nuevo vocabulario $SBVR_{1M'}$ formado por las reglas $R_{N_{1Z1}}, R_{N_{1Z2}}, \dots, R_{N_{1ZW}}$ para una parte fija determinada $SBVR_{1F}$.

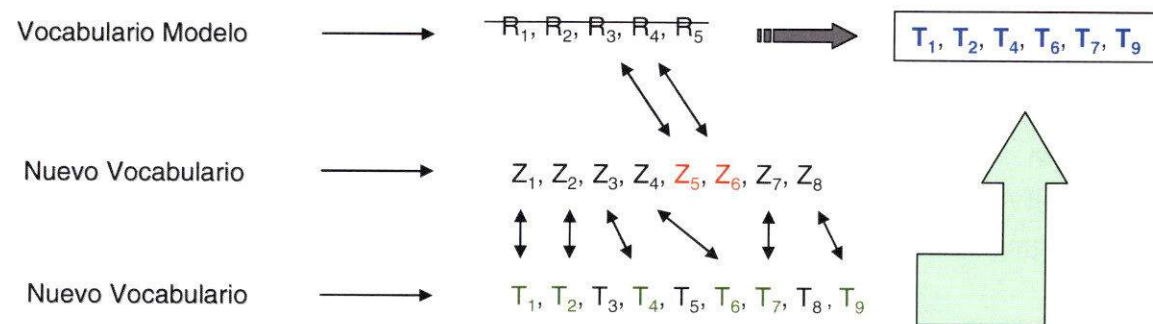
Supongamos un vocabulario del modelo compuesto por cinco reglas (excluimos los demás elementos del vocabulario $SBVR$ para una mayor claridad y se supone que todos comparten la misma parte fija) que comparo con otro vocabulario definido con ocho reglas de las cuales dos reglas: Z_5 y Z_6 , son similares a las R_3 y R_4 del modelo.



En esta situación, el vocabulario del modelo no puede ser sustituido por otro hasta que no haya una mayor coincidencia entre otras reglas que sería el caso que se muestra a continuación.



Aquí, las reglas T_1, T_2, T_4, T_6, T_7 y T_9 superan los criterios de comparación con las reglas Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_7 y Z_8 respectivamente (6 frente a las 5 del vocabulario del modelo). Por lo tanto, el nuevo vocabulario para el modelo será el formado por T_1, T_2, T_4, T_6, T_7 y T_9 (o por Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_7 y Z_8).



Capítulo 5: Validación Experimental

Con el objeto de establecer la validez de los objetivos generales de este trabajo de investigación, planteo la validación de la definición inicial de mi modelo dinámico de colaboración así como del proceso de comparación de vocabularios $SBVR$.

En la sección 5.2 explico en primer lugar el proceso de validación de la composición y estructura del modelo dinámico mediante la utilización del estándar $SBVR$, y en segundo lugar, la de la representación de las áreas de proceso que forman el Nivel 2 del Modelo de Madurez orientado a la colaboración empresarial ECMM con $SBVR$.

Finalmente, en la sección 5.3 indico la validación realizada del proceso de comparación entre vocabularios escritos con el estándar $SBVR$ implementado mediante el desarrollo de un sistema de información basado en la herramienta ANTLR.

5.1 Planteamiento de la Validación

En la validación experimental la participación de DATINET ha sido clave dada su firme apuesta por proyectos de investigación, desarrollo e innovación como un elemento esencial en su estrategia de diferencia competitiva en la industria TIC y por su total compromiso con la calidad de Gestión de Proyectos y Servicios a través de acreditaciones como: ISO 9.001, ISO 20.000, Nivel 2 de CMMI Dev. v1.2 e ISO 14.001, lo que representa una amplia experiencia en la implantación de procesos organizacionales y normas reconocidas a nivel internacional. Esta organización está compuesta por más de 60 profesionales cualificados que trabajan en proyectos de desarrollo software llave en mano, asistencia técnica, implantaciones de ERP y CRM, etc.

He dividido en dos partes complementarias el proceso de validación: la primera dirigida a probar la utilidad de mi modelo en la definición de colaboraciones empresariales con el estándar $SBVR$ y en base a su estructura, y la segunda dirigida al proceso de comparación de vocabularios $SBVR$ que implementa la herramienta que he desarrollado en este trabajo de investigación. Son complementarias porque la segunda permite la evolución de la primera.

Para la primera he contemplado cinco escenarios cooperativos: unión temporal de empresas (U.T.E.), subcontratación, apertura de sedes fuera del País Vasco, alianzas estratégicas como *partner* y alianzas estratégicas con empresas del mismo sector. Estos escenarios cooperativos han sido descritos por la dirección de *Datinet Soluciones Informáticas S.L.* y son el resultado de años de colaboraciones en proyectos y alianzas con múltiples organizaciones como: Sociedad Informática del Gobierno Vasco (EJIE), Nortic, Osakidetza, Seguros Lagun Aro, Serikat, Grupo IDE, DocPath, SAP, etc.

El vocabulario SBVR resultante que define estos escenarios está formado por 73 reglas de negocio, 152 tipos de hecho, 121 hechos relacionados y 177 términos (no repetidos).

La definición del modelo no solo se basa en experiencias exitosas de colaboración entre varias organizaciones sino también en lo que debe realizar una red de empresas. Para cubrir este caso, he utilizado el Collaboration Maturity Model (ECMM). La razón principal de esta elección es debido a que es un modelo de madurez orientado a la colaboración empresarial surgido del proyecto de investigación europeo COIN [Coi11], el cual mejora anteriores modelos de cooperación como el EIMM [Ath07] o ICoNOs [San09] (Figura 5-1).

Su validación debe tener un punto de origen con un determinado contenido que denomino *definición inicial del modelo dinámico de colaboración*. Su contenido puede variar gracias al proceso de comparación entre los vocabularios SBVR. El vocabulario SBVR que define las áreas de proceso del Nivel de 2 de ECMM está compuesto de 109 reglas de negocio, 256 tipos de hecho, 226 hechos relacionados y 158 términos (no repetidos).

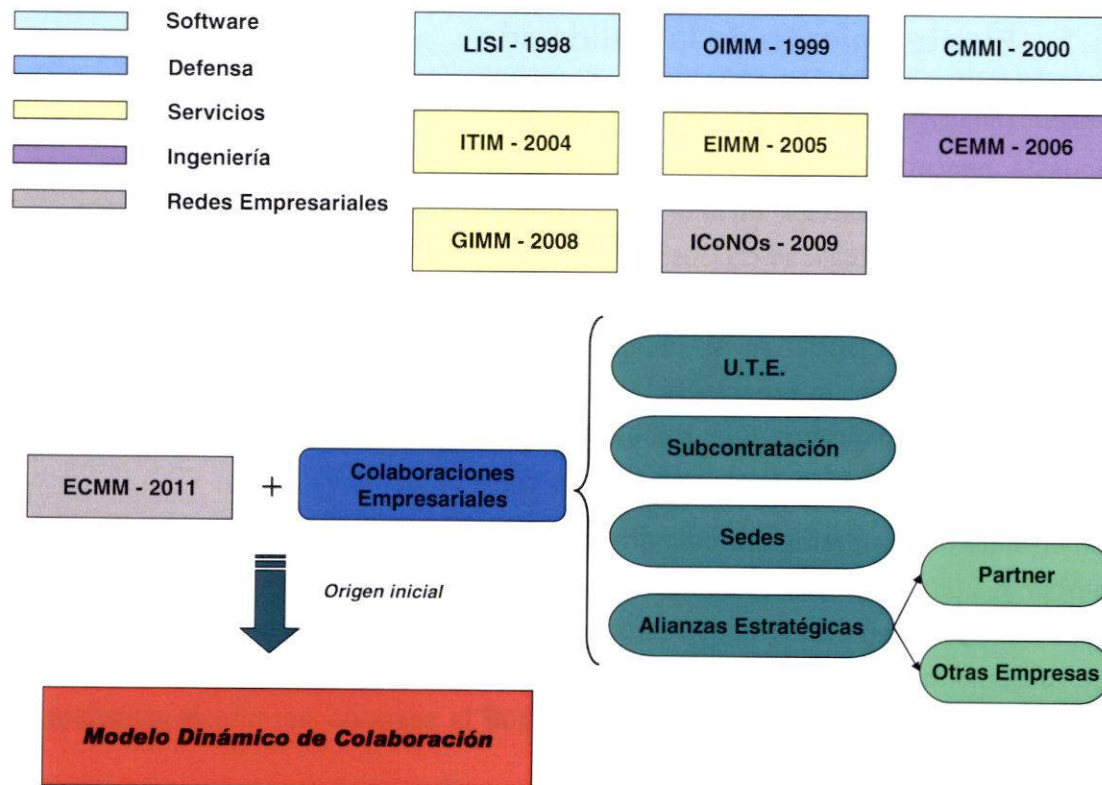


Figura 5-1: Definición inicial de mi Modelo Dinámico de Colaboración

Aunque he utilizado el estándar SBVR para definir el contenido de las colaboraciones empresariales y las áreas de proceso del Nivel 2 de ECMM (ver Tabla A4-1 del ANEXO 4), el nivel de detalle y el foco en la validación varían debido a que las experiencias industriales son escritas desde un punto de vista de implementación práctica de

escenarios definidos por personal de dirección mientras que ECMM se estructura desde un punto de vista de cumplimiento de una normativa de calidad de procesos [AMO+10] [MAO+09].

Así, en cuanto a las colaboraciones empresariales analizo cómo los distintos escenarios cooperativos de DATINET y el resto de las organizaciones son compatibles con la *denominación fija* del modelo dinámico de colaboración y se adaptan a sus necesidades.

En relación al Nivel 2 de ECMM analizo en detalle la estructura y contenido de cada una de las reglas de negocio, tipos de hecho y hechos relacionados. Aquí surgen dos puntos a destacar:

- *Complejidad del vocabulario.* Se trata de demostrar la variedad de la muestra ya que posteriormente la empleo para validar el proceso de comparación con las áreas de proceso de Nivel 2 de CMMI Dev. v1.3 (ver Tabla A4-2 del ANEXO 4).
- *La definición fija del modelo dinámico no aplica.* Esta definición solo tiene sentido cuando se describe una colaboración entre empresas y, por lo tanto, se pueden especificar los elementos del modelo dinámico. Sin embargo, esto no supone un inconveniente para que una parte del modelo se defina inicialmente con un conjunto de reglas SBVR basadas en ECMM ya que el modelo seguirá completándose con la incorporación de más experiencias de colaboraciones empresariales.

En la segunda parte empleo los vocabularios SBVR definidos para las áreas de proceso del Nivel 2 de ECMM y de CMMI Dev. v1.3 (ver Figura 5-2). Las razones por las cuales he seleccionado el modelo de madurez CMMI⁸ para validar el proceso de comparación de reglas SBVR son las siguientes:

- *Es un modelo de madurez al igual que ECMM.* La comparación la realizo con un elemento de características similares, es decir, ambos son modelos de madurez, ya que no tendría sentido realizar la validación entre entidades pertenecientes a contextos muy dispares. Por ejemplo, si quisiéramos comparar las reglas SBVR de un negocio de alquiler de coches (ejemplo del Anexo E de la especificación SBVR), lo deberíamos de realizar con otro negocio de alquiler de coches o alquiler de motos o alquiler de camiones con el objetivo de medir las diferencias en contextos de negocio con ciertas similitudes (aunque seguro que las reglas mostrarían formas diferentes de realizar el mismo negocio). En caso contrario, sería más complicado realizar la comparación con, por ejemplo, un negocio de fabricación de productos de limpieza debido a la diferencia conceptual existente entre el negocio del alquiler y el de fabricación. Con esto busco que el proceso de comparación se encuentre en un margen lo suficientemente aceptable para que los resultados del experimento sean válidos.

⁸ Las referencias en el texto a CMMI son relativas a CMMI Dev. v1.3

- *Se estructura de la misma manera que ECMM.* Tanto CMMI como ECMM se dividen en niveles de madurez que contienen áreas de proceso, siendo además el Nivel 2 en ambos casos un nivel dedicado a la gestión. Por otro lado, también en CMMI y ECMM cada una de las áreas de proceso contiene objetivos específicos (*specific goals*) y prácticas específicas (*specific practices*).
- *Su lenguaje de definición para las áreas de proceso es similar al de ECMM.* Tanto CMMI como ECMM comparten un vocabulario común que se acentúa aún más en algunas áreas de proceso. Por ejemplo, el área de proceso *Project Planning* de CMMI y el área de proceso *Collaborative Project Management* de ECMM coinciden más desde esta perspectiva que alguna de ellas con las áreas de proceso *Configuration Management* de CMMI y ECMM. Además, ninguno de los dos modelos se orienta hacia procesos muy específicos con un vocabulario sectorial definido.
- *Su contenido tiene un enfoque complementario al de ECMM.* El modelo ECMM se orienta a la mejora de procesos dentro de entornos de colaboración empresarial mientras que CMMI se focaliza en la mejora de procesos de desarrollo software lo que quiere decir que, a pesar de las similitudes anteriormente descritas, existen diferencias apreciables o complementarias. Tal y como se ha explicado, ambos modelos definen áreas de proceso (algunas inclusive con el mismo nombre) que contendrán puntos en común o implementaciones diferentes pero dentro de un margen razonable que derivan de sus respectivos enfoques.

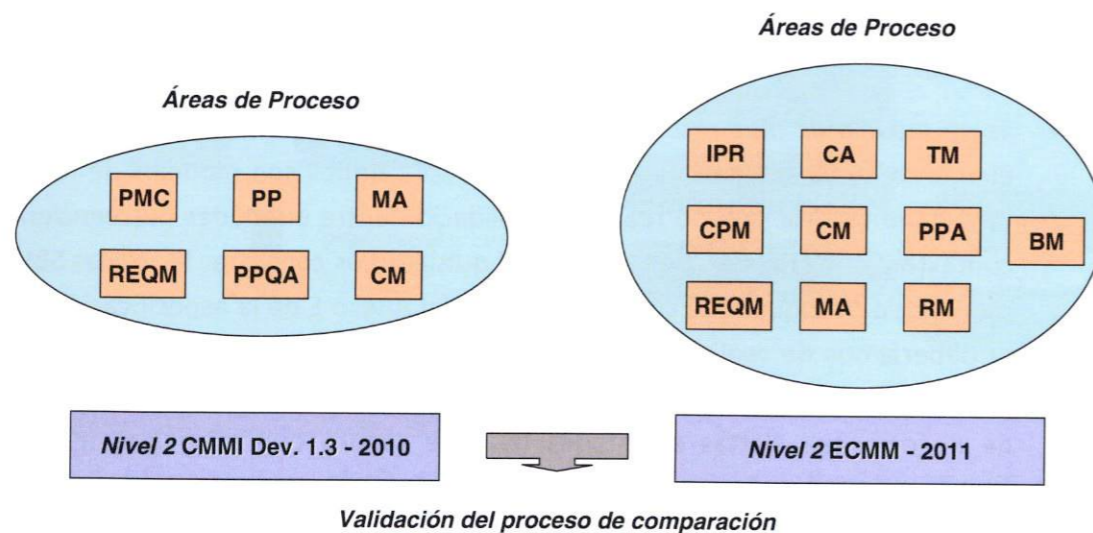


Figura 5-2: Modelos de madurez que intervienen en el proceso de comparación

Todo esto es independiente de la propia definición de reglas SBVR. Es decir, inclusive realizando una comparación entre entidades completamente iguales, la forma de escribir

los vocabularios con SBVR a través de los términos o conceptos individuales, tipos de hecho, hechos relacionados y reglas de negocio podría dar lugar a diferencias apreciables. Para limitar el impacto de esta problemática, he confeccionado una guía básica para la definición de reglas SBVR (sección 4.3.2) y que también valido en este proceso de comparación.

La complejidad de la muestra de los dos vocabularios SBVR es la siguiente:

- 109 reglas, 256 tipos de hecho, 226 hechos relacionados, 158 términos para el Nivel 2 de ECMM
- 127 reglas, 290 tipos de hecho, 213 hechos relacionados, 332 términos para el Nivel 2 de CMMI

Previamente a la ejecución del experimento, seleccioné dentro de esta muestra un grupo de reglas similares para establecer un resultado final que el proceso de comparación debía cumplir para ser considerado válido.

La ejecución del experimento (ver Figura 5-3) lo he realizado dentro del entorno de desarrollo Eclipse Helios tomando como entrada los ficheros XML que contienen cada uno de los vocabularios SBVR y mediante la herramienta que he desarrollado y que implementa el proceso de comparación. La ejecución consta de dos fases:

- *Fase Preliminar.* Los ficheros XML contienen solo el grupo de reglas de negocio que se consideran similares.
- *Fase Final.* Los ficheros XML contienen todas las reglas de los vocabularios de los Niveles 2 de ECMM y CMMI.

Una vez ejecutado el experimento, se analizan los resultados también en dos fases:

- *Análisis Preliminar.* Analizo los rangos porcentuales obtenidos del proceso de comparación para los niveles léxicos, sintácticos y semánticos para el grupo de reglas de la *Fase Preliminar*, realizando una clasificación por diferentes grados de similitud. Utilizo figuras estadísticas como la media, mediana, valores máximos y mínimos para determinar esta clasificación.
- *Análisis Final.* Analizo los rangos porcentuales para el grupo de reglas de la *Fase Final* con el objetivo de comprobar cómo se ha comportado el proceso de comparación para el conjunto total de los vocabularios. En esta fase realizo las modificaciones necesarias en los valores y puntuaciones establecidos en las formulas algebraicas dentro de un proceso iterativo con la ejecución nuevamente del experimento. El objetivo de este proceso es detectar comparaciones entre reglas que se han clasificado dentro de alguno de los grupos definidos en la *Análisis Preliminar* y que no deberían de estar en alguno de ellos. De este modo se optimiza el proceso de comparación y los rangos de porcentajes del *Análisis Preliminar*.

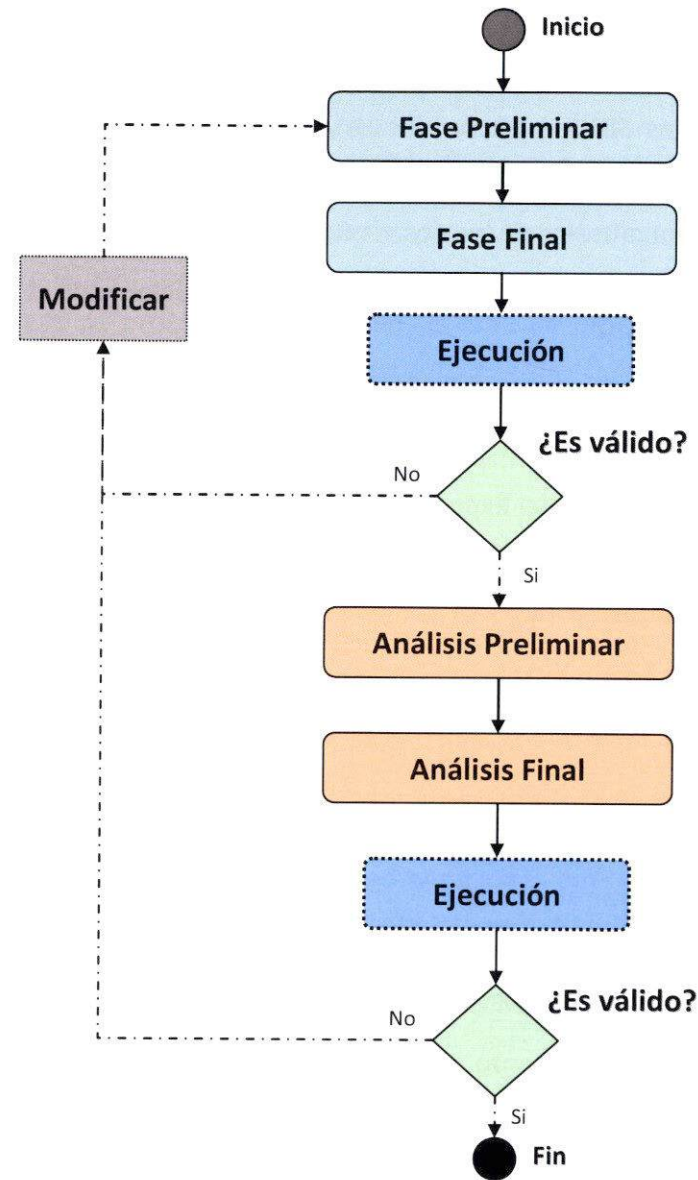


Figura 5-3: Ejecución del experimento

En la sección 4.2 se especifica qué valores he asignado en la aplicación de las fórmulas algebraicas en los niveles léxicos, sintácticos y semánticos, y se muestran los rangos porcentuales en los que se enmarcan las clasificaciones de las reglas en función del grado de similitud.

5.2 Validación de la Definición Inicial del Modelo Dinámico de Colaboración

En esta sección presento la validación de mi modelo en base a la definición con SBVR de las colaboraciones empresariales y a las áreas de proceso del Nivel 2 de ECMM.

5.2.1 Definición de las Colaboraciones Empresariales con SBVR

La descripción de las colaboraciones entre las empresas citadas dentro de los diversos escenarios utilización SBVR como lenguaje de representación de reglas de negocio, ha dado como resultado: 73 reglas de negocio, 152 tipos de hecho, 121 hechos relacionados y 177 términos que no se han repetido (ver Figura 5-4). Es decir, mi modelo dinámico de colaboración tiene como base este conjunto de reglas de negocio que podrán evolucionar a partir del proceso de comparación que posteriormente he validado y que son resultado de cooperaciones entre múltiples organizaciones.

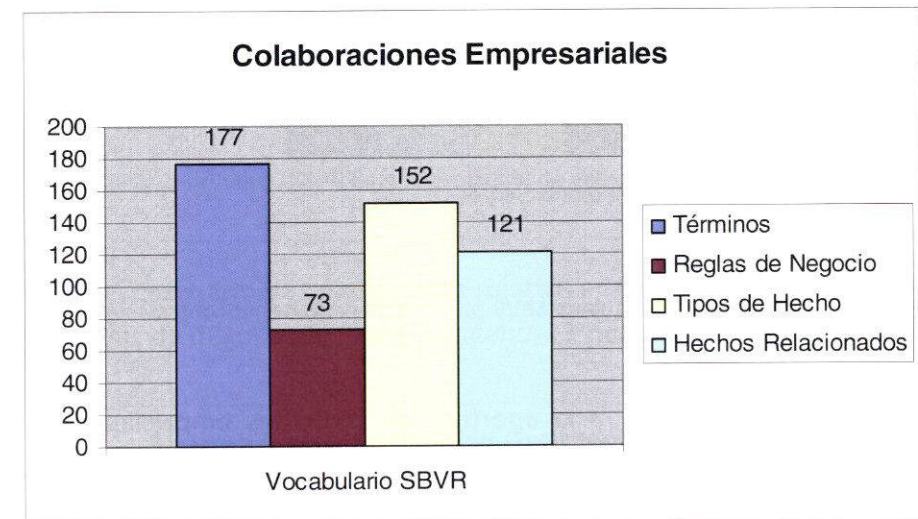


Figura 5-4: Vocabulario SBVR de las colaboraciones empresariales

Del escenario de colaboración relativo a la Unión Temporal de Empresas (U.T.E.) resultan 23 reglas, 60 tipos de hecho, 46 hechos relacionados y 61 términos (ver Figura 5-5).

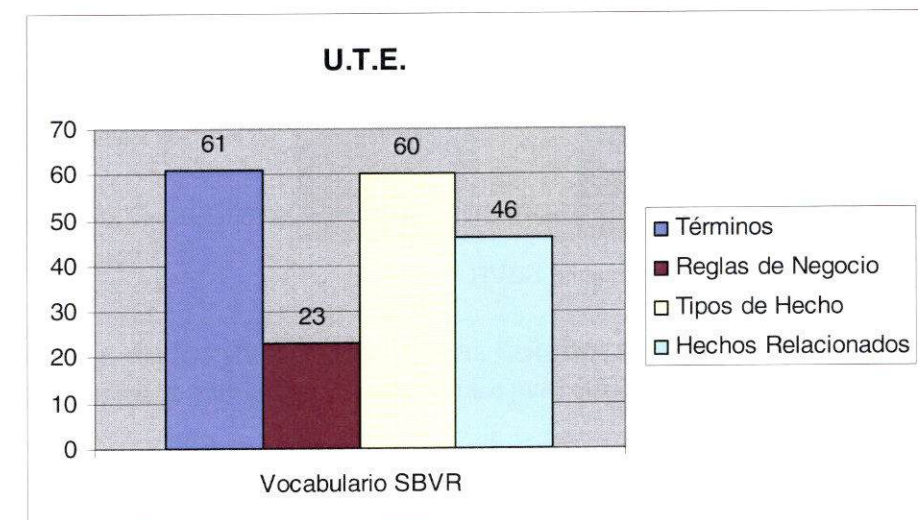


Figura 5-5: Vocabulario SBVR para el escenario de U.T.E.

Por otro lado, en el escenario de colaboración relativo a la subcontratación hay 20 reglas de negocio, 34 tipos de hecho, 23 hechos relacionados y 45 términos (ver Figura 5-6).

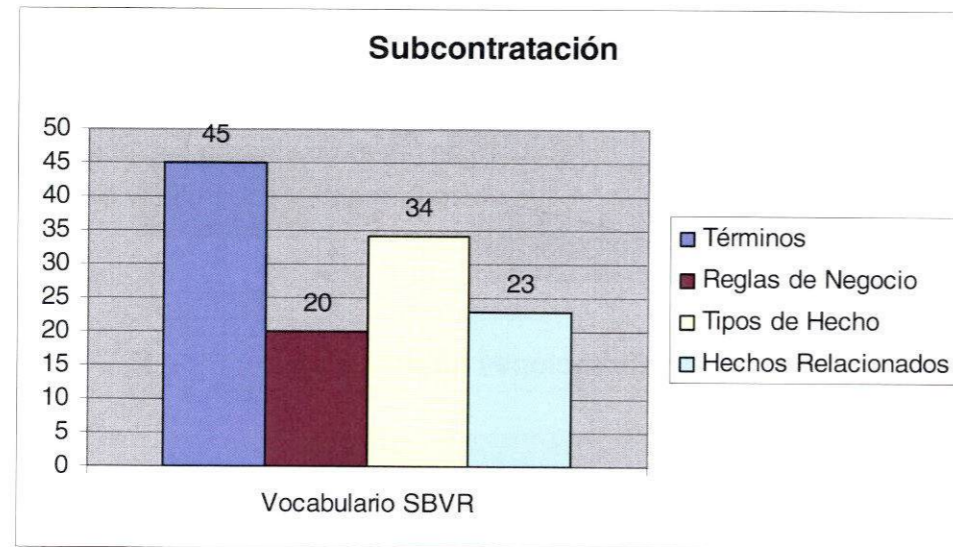


Figura 5-6: Vocabulario SBVR para el escenario de subcontratación

En el de colaboración relativo a la apertura de sedes las empresas involucradas han empleado 8 reglas de negocio, 18 tipos de hecho, 15 hechos relacionados y 31 términos (ver Figura 5-7).

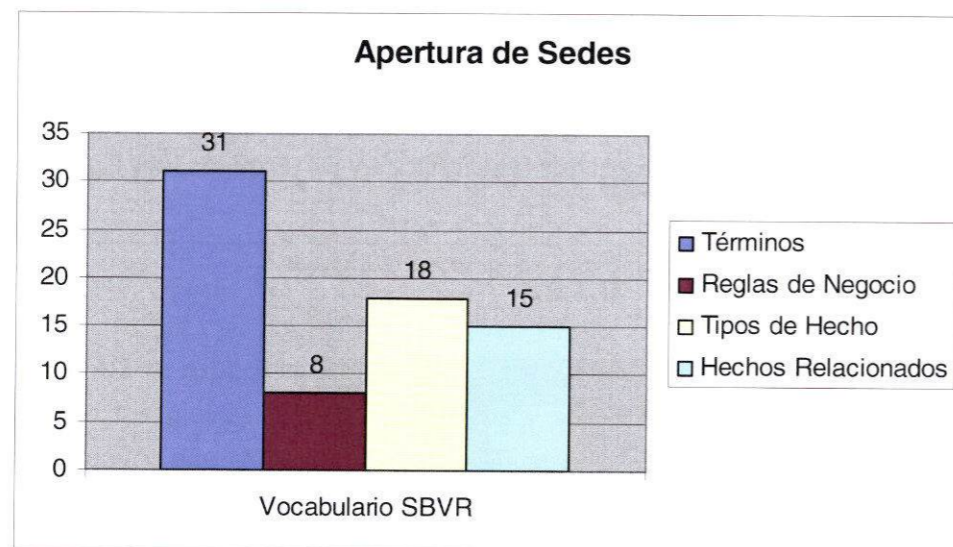


Figura 5-7: Vocabulario SBVR para el escenario de apertura de sedes

En el escenario de colaboración relativo a la alianza estratégica como partner, 13 reglas de negocio, 24 tipos de hecho, 20 hechos relacionados y 38 términos (ver Figura 5-8).

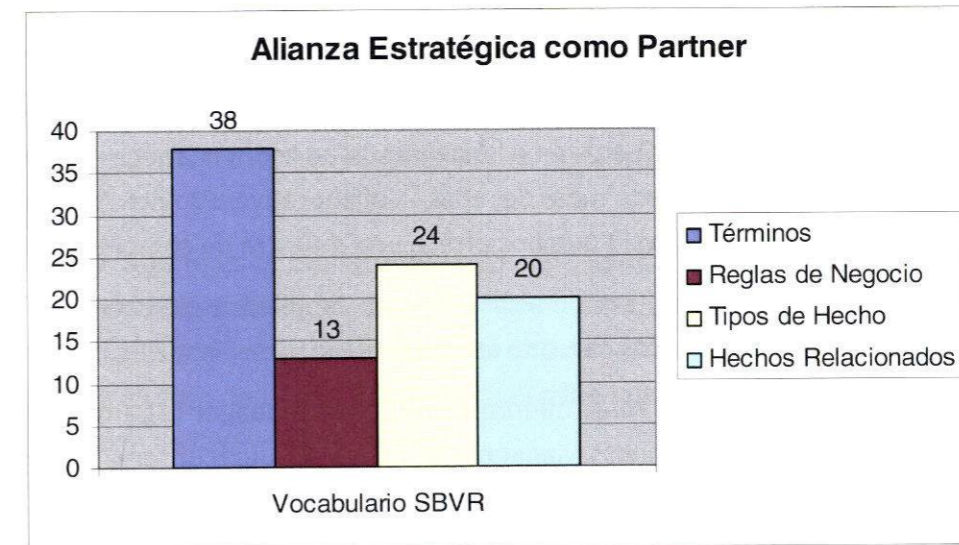


Figura 5-8: Vocabulario SBVR para el escenario de alianza estratégica como partner

Finalmente, en el escenario de colaboración relativo a la alianza estratégica con empresas del sector, 9 reglas de negocio, 16 tipos de hecho, 17 hechos relacionados y 31 términos.

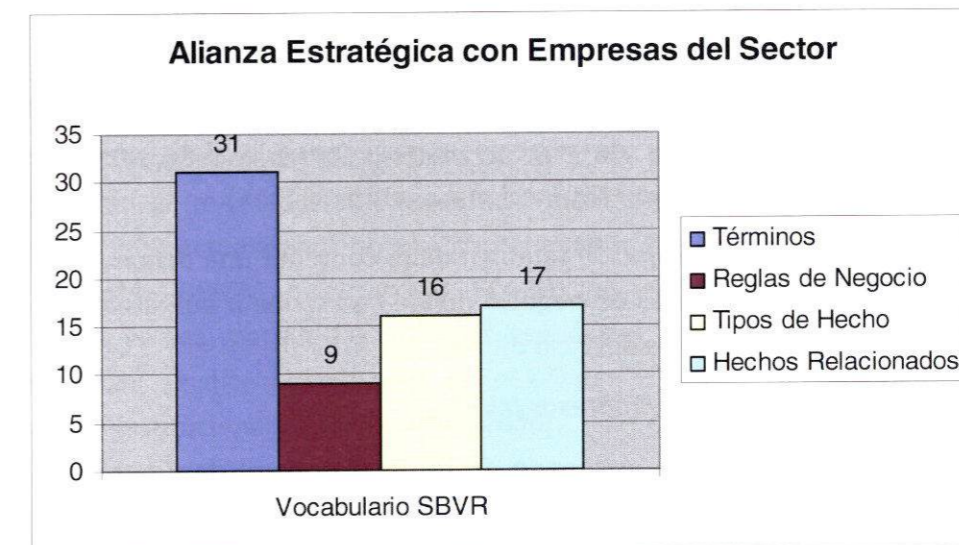


Figura 5-9: Vocabulario SBVR para el escenario de alianza estratégica con otras empresas

5.2.2 Análisis de los Resultados de las Colaboraciones Empresariales con SBVR

Las áreas de proceso que describen estas colaboraciones y que por lo tanto forman parte de la *denominación fija* son: Collaborative Project Management (2), Collaborative Customer Management (2), Provider Management, Headquarters Management, Sales

Channel Management, Partner Management y Alliance Management. Es decir, los cinco escenarios cooperativos descritos a través de las 73 reglas de negocio se han agrupado en **7 áreas de proceso** diferentes, de las cuales dos de ellas (Collaborative Project Management y Collaborative Customer Management) se repiten 2 veces. Además de las 7 áreas de proceso, solamente una de ellas, Collaborative Project Management, se explicita en el Nivel 2 de ECMM lo que nos ofrece una muestra de complementariedad.

En relación a los factores rol, sector y tamaño que también deben ser definidos en la *denominación fija*, los resultados han sido los siguientes:

- **Rol.** Se han utilizado **4 roles** diferentes: Account Manager (3), Project Leader (2), Technical Director, Business Manager (3). Como se puede observar, todos los roles se repiten a excepción de Technical Director y son perfiles orientados a la gestión. Esto es debido a que la validación se ha centrado en el *nivel de gestión* ya que es el nivel que primero es abordado en los modelos de procesos (CMMI, BPMM, EIMM etc.) como concretamente ocurre en el Nivel 2 de ECMM.
- **Sector.** Se han utilizado **3 sectores** diferentes: Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) (5), Seguros y Administración Pública. De estos resultados se deduce fácilmente que el sector TIC debe estar presente en los cinco escenarios. Esto es porque DATINET pertenece a dicho sector y por lo tanto el resultado de muchas de sus colaboraciones son con empresas del mismo ámbito.
- **Tamaño.** Se han utilizado **7 tamaños** diferentes: 60 (5), 120, 140 (2), 250, 560, 15 y 53.000. Así, las reglas de negocio corresponden a siete empresas (PYMES, medianas y grandes empresas -nacional e internacional-).

El modelo dinámico de colaboración también debe contener una *denominación fija* para la implementación de las reglas de negocio donde se escribe a qué áreas de proceso se aplica la regla o sobre qué fases del ciclo de vida.

Escenario: Unión Temporal de Empresas (U.T.E.)

La colaboración descrita en el escenario de Unión Temporal de Empresas (*temporary consortium o joint venture*) cuenta con 23 reglas de negocio lo que le convierte en el escenario con más reglas SBVR definidas. Esto es debido a que la U.T.E. es una forma muy utilizada para realizar una oferta de mayor valor añadido a grandes clientes ya que las empresas que forman la U.T.E. por sí solas no tendrían la suficiente capacidad técnica ni de recursos para afrontar el trabajo con garantías.

Las áreas de proceso utilizadas en este escenario son: Collaborative Project Management y Collaborative Customer Management; los roles empleados son: Account Manager y Project Leader; el tamaño pertenece a empresas de 60 y 120 empleados y el sector es TIC. Las dos áreas de proceso se asocian a ambas organizaciones mientras que el rol de Account Manager se relaciona con Collaborative Customer Management y el rol Project Leader con Collaborative Customer Management.

En este primer análisis del escenario destaca la ausencia de un sector diferente al de las TIC. Esto se debe a que la descripción de este escenario se ha centrado en los procesos de colaboración entre las empresas que conforman la U.T.E. entre sí, tanto a nivel de realización de oferta como de ejecución de proyecto y gobierno de la propia U.T.E. (ver Figura 5-10).

Otro dato interesante es el número de reglas de negocio que definen un tipo de hecho relacionado con el ciclo de vida de la colaboración. Ya que la regla de negocio se define no como elemento específico para las áreas de proceso sino para el contexto de creación, operación y disolución de la propia U.T.E., se escribe una de las dos siguientes sentencias SBVR como parte de la *denominación fija*:

life cycle mesh between creation and operation

life cycle mesh between operation and dissolution

En este caso, de las 23 reglas de negocio definidas para la UTE, 13 de ellas emplean uno de estos dos tipos de hecho del modelo dinámico de colaboración. Es decir, el **56%** de las reglas de negocio se focalizan en la parte operativa del propio escenario cooperativo mientras que el resto se centran en la colaboración entre las entidades que forman la U.T.E. tanto a nivel de gestión de proyectos como de relación con el cliente.

El análisis de este resultado muestra el especial énfasis que las empresas depositan en el ciclo de vida de la propia colaboración independientemente de la ejecución del servicio o proyecto concreto, representado a través de las áreas de proceso. Mi modelo dinámico de colaboración permite aportar y especificar buenas prácticas surgidas de la realidad empresarial y que actualmente no son contemplados por los modelos de procesos del mercado (CMMI, BPMM o el propio ECMM, no explicitan específicamente estas características ya sea, porque las prácticas específicas y objetivos no se centran en la implementación -se dice el *qué* pero no el *cómo*- o porque las prácticas generales dedicadas a la institucionalización no lo abordan).

En relación a las reglas de negocio que definen tipos de hecho de la *denominación fija* relacionándolos con las áreas de proceso, se han escrito 6 tipos de hecho focalizados en Collaborative Project Management y Collaborative Customer Management mediante la siguiente sentencia SBVR. Es decir, el **26,09%** de las reglas de negocio realizan definiciones donde éstas áreas de proceso juegan un papel importante y, por consiguiente, los roles Account Manager y Project Leader.

external mesh between collaborative project management and collaborative customer management

Finalmente, el **17,39%** de las reglas de negocio se focalizan en la relación entre las áreas de proceso Collaborative Project Management entre sí, pertenecientes a las organizaciones que forman la U.T.E.:

external mesh between collaborative project management and collaborative project management

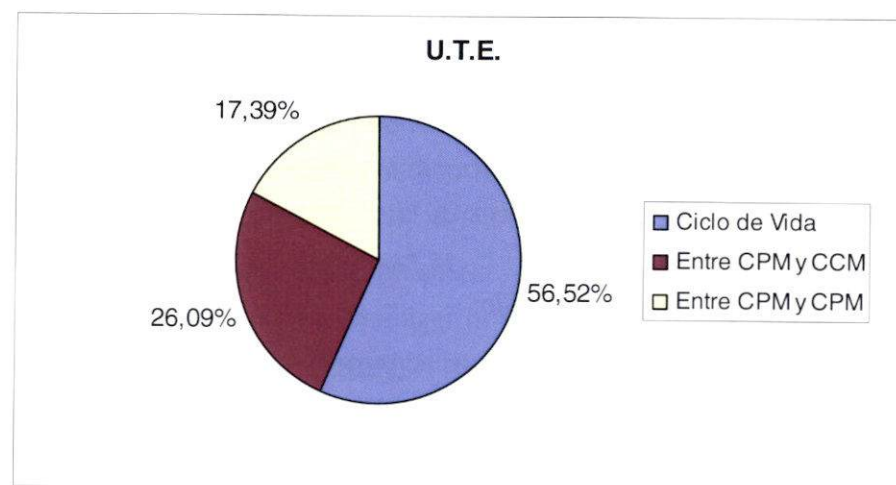


Figura 5-10: Modelo dinámico de colaboración para U.T.E.

Escenario: Subcontratación

La colaboración descrita en el escenario de Subcontratación cuenta con 20 reglas de negocio, cifra muy similar a la Unión Temporal de Empresas. Al igual que en el caso anterior, la subcontratación es un mecanismo muy habitual en cualquier sector con el objetivo de compartir recursos en momentos de escasez de personas o bien de complementar las cargas de trabajo planificadas. Las áreas de proceso utilizadas en este escenario son: Collaborative Project Management y Provider Management; los roles empleados: Technical Director y Project Leader; el tamaño de las empresas obedece a 240, 140 y 60 empleados mientras que los sectores son: Seguros y TIC. El área de proceso Provider Management se relaciona con el sector de seguros, rol Technical Director y tamaño 240 empleados. Esto se debe a que el escenario de subcontratación descrito mediante las reglas SBVR se basa en la subcontratación por parte de una empresa de seguros a dos empresas del sector TIC para el desarrollo y mantenimiento de sus aplicaciones informáticas y, por lo tanto, la gestión de proveedores en este caso es el área de proceso que afecta a la empresa de seguros. El área de proceso relativa a la gestión colaborativa del proyecto es para las dos empresas del sector TIC y el rol de jefe de proyecto.

Tanto los roles como las áreas de proceso están orientadas a prácticas de gestión por los mismos motivos que en el escenario anterior. Del mismo modo, la focalización en la gestión del ciclo de vida de la colaboración se repite, ya que de las 20 reglas de negocio, 10 de ellas cuentan con un tipo de hecho para la *denominación fija* que representa el contexto de creación, operación y disolución de la subcontratación. Es decir, el **50%** de

reglas restantes se definen para la colaboración entre las tres áreas de proceso. En este caso, 7 reglas de negocio describen la cooperación entre las áreas de proceso Collaborative Project Management y Provider Management mientras que 3 reglas se implementan para las áreas Collaborative Project Management y Collaborative Project Management (ver Figura 5-11).

De estos resultados se concluye que la relación cliente-proveedor o cadena de suministro, está notablemente representada en las reglas SBVR para las áreas Collaborative Project Management y Provider Management. En el caso de la gestión del proyecto entre ambas empresas del sector TIC, la implementación es menor debido a la complementariedad existente, puesto que el cliente tiene la visión de un único proveedor.

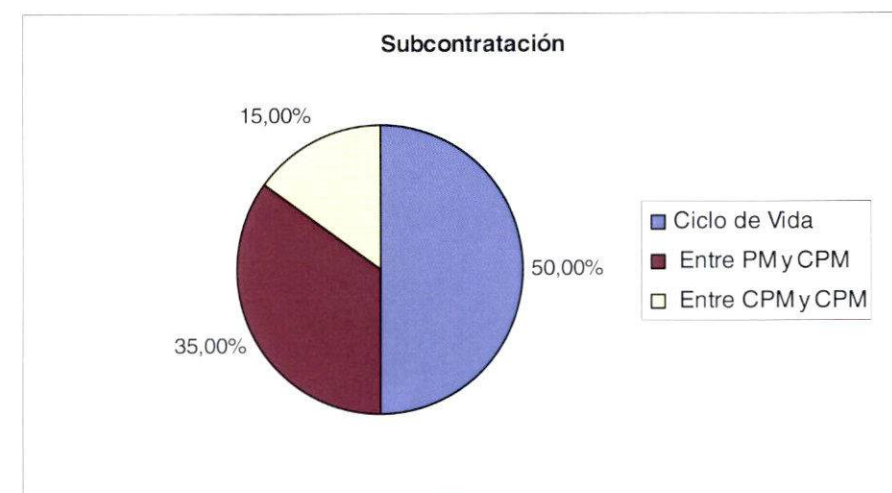


Figura 5-11: Modelo dinámico de colaboración para Subcontratación

Escenario: Apertura de Sedes fuera del País Vasco

La apertura de sedes en un ámbito geográfico diferente al de la empresa matriz constituye una práctica de expansión muy beneficiosa a la hora de abordar otro tipo de clientes o segmentos de mercado. En este caso, DATINET decide que la mejor manera de optar a licitaciones de proyectos con la Administración Pública Cantabria es a través de la apertura de una sede en la propia comunidad autónoma de Cantabria. Este escenario de la validación experimental es otra muestra de cómo mi modelo dinámico de colaboración permite definir experiencias de cooperación que no se recogen de manera explícita en los modelos de procesos actuales y cuya implementación a través del estándar SBVR dota de la flexibilidad necesaria para la definición de la colaboración. En este escenario solo se ha empleado un área de proceso denominada Headquarters Management; un único rol: Business Manager; dos sectores: administración pública y TIC con tamaños de 560, 60 y 15. El área de proceso Headquarters Management se relaciona con el sector TIC, rol Business Manager y los tamaños de 60 y 15 trabajadores correspondientes a la empresa

matriz y su sede respectivamente. En este caso, no se ha definido ningún área de proceso relacionada con el sector de la administración pública ya que no hay reglas de negocio que definan la cooperación entre administración pública y la sede; esto es así porque la empresa se ha focalizado cara a su descripción en las prácticas de colaboración entre las sedes. Aún así, mi modelo dinámico de colaboración permite, por un lado, establecer que la administración pública es un actor en el escenario aunque no haya reglas de negocio y, por otro, enriquecer posteriormente la colaboración con más reglas de negocio a través del proceso de comparación de reglas.

En relación al contenido de las 8 reglas de negocio que definen este escenario, 3 de ellas describen el propio ciclo de vida de colaboración (creación, operación y disolución) y el resto la propia implementación de la gestión de las sedes con la cooperación entre Headquarters Management y Headquarters Management. A diferencia de los escenarios anteriores, el peso de la *denominación fija* recae en las reglas de negocio con tipos de hecho que implementan áreas de proceso (ver Figura 5-12).

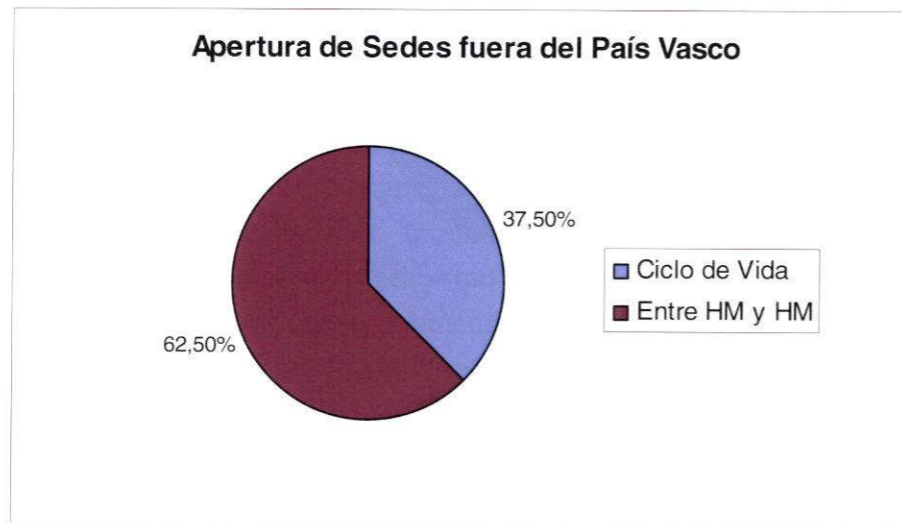


Figura 5-12: Modelo dinámico de colaboración para apertura de sedes

Escenario: Alianzas Estratégicas como Partner

La alianza estratégica como partner es un tipo de cooperación con un modelo *win-win* donde juegan un papel muy importante organizaciones de reconocido prestigio en el mercado que necesitan aumentar su canal de venta o quieren fortalecer las capacidades técnicas de las empresas. Dentro de este escenario colaborativo, DATINET cuenta con alianzas estratégicas como partner de las siguientes empresas: SAP, DocPath, EMC, IBM, Microsoft y Oracle.

Las áreas de proceso utilizadas en este escenario son: Sales Channel Management y Partner Management; los roles empleados son: Account Manager y Business Manager; el tamaño pertenece a empresas de 53.000 y 60 empleados, correspondientes a una gran

empresa y a DATINET, mientras que el sector es TIC. El área de proceso Sales Channel Management se relaciona con el sector TIC, rol Account Manager y tamaño 53.000 empleados. Las reglas de negocio definidas para este escenario se han focalizado en el caso de SAP aunque guarda grandes similitudes con el resto de empresas donde también existe una relación de partner. Por otro lado, el área de proceso Partner Management se relaciona con el sector TIC, rol Business Manager y los 60 empleados de DATINET.

El escenario de alianza estratégica como partner se ha definido a través de 13 reglas de negocio, de las cuales, 5 se corresponden con el ciclo de vida de la colaboración y el resto implementan las prácticas entre las dos áreas de proceso que forman el escenario (ver Figura 5-13).

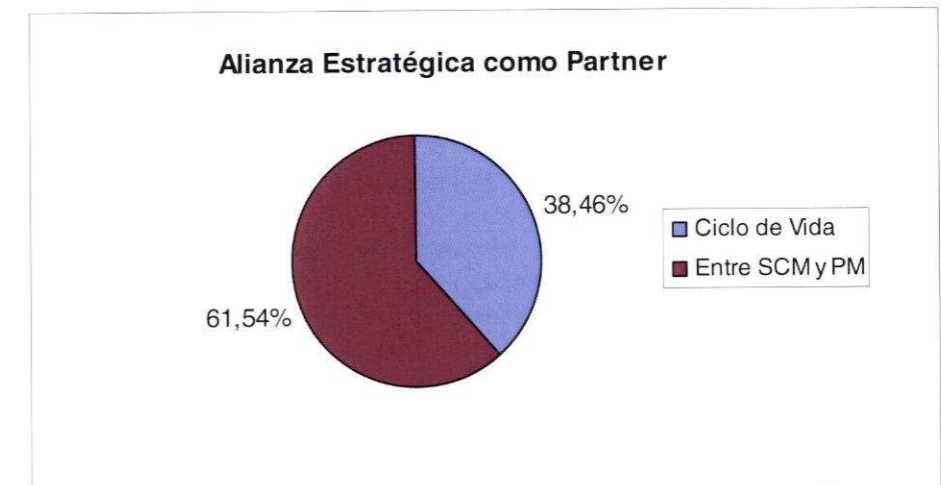


Figura 5-13: Modelo dinámico de colaboración para alianza estratégica como partner

Escenario: Alianzas Estratégicas con Empresas del Sector

Este último escenario representa la alianza entre empresas que son competidoras entre sí en un mismo mercado pero que buscan complementariedad comercial o técnica para desarrollar proyectos de manera conjunta. Las áreas de proceso utilizadas en este escenario son: Alliance Management y Collaborative Customer Management; los roles empleados son: Account Manager y Business Manager; el tamaño es el de empresas de 140 y 60 empleados, correspondientes a una mediana empresa y a DATINET dentro del sector TIC. El área de proceso Alliance Management se relaciona con el sector TIC, rol Business Manager y el tamaño de las dos empresas ya que ambas participan en la gestión de la alianza estratégica. Por otro lado, el área de proceso Collaborative Customer Management se relaciona con el sector TIC, rol Account Manager y el tamaño nuevamente el de las dos empresas.

Este escenario colaborativo se define a través de 9 reglas de negocio donde cabe destacar que 4 de ellas implementan las prácticas entre las dos áreas de proceso de Alliance

Management pertenecientes a ambas organizaciones y otras 4 describen las prácticas entre las áreas de Alliance Management y Collaborative Customer Management (ver Figura 5-14).

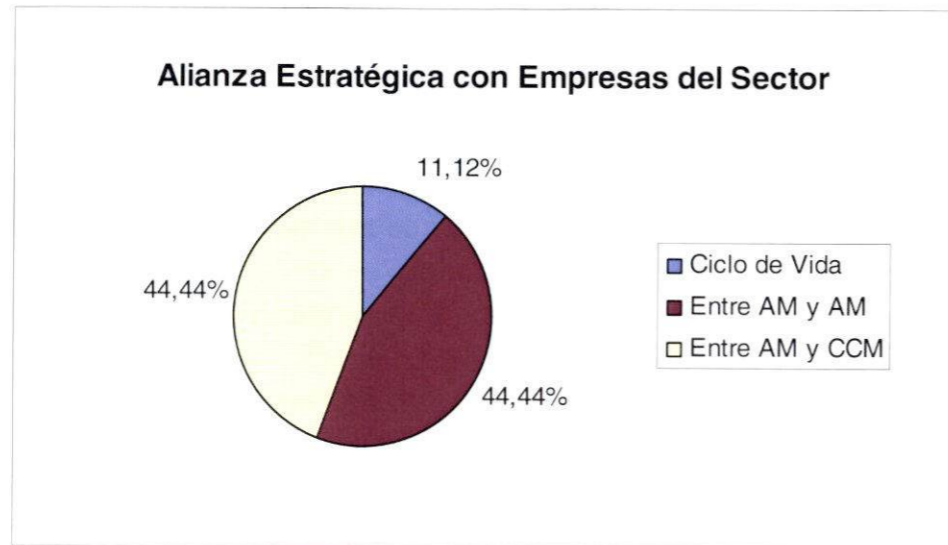


Figura 5-14: Modelo dinámico de colaboración para alianza estratégica con otras empresas

Resumen Escenarios

Escenario	Áreas de Proceso	Roles	Sector	Tamaño
U.T.E.	– Collaborative Project Management (CPM)	– Account Manager	– TIC	– 120
	– Collaborative Customer Management (CCM)	– Project Leader		– 60
Subcontratación	– Collaborative Project Management (CPM)	– Technical Director	– Seguros	– 250
	– Provider Management (PM)	– Project Leader	– TIC	– 60
Apertura de Sedes	– Headquarters Management (HM)	– Business Manager	– Adm. Pública	– 560
			– TIC	– 60
Alianza Estratégica como Partner	– Sales Channel Management (SCM)	– Account Manager	– TIC	– 53.000
	– Partner Management (PM)	– Business Manager		– 60
Alianza Estratégica con Empresas del Sector	– Collaborative Customer Management (CCM)	– Account Manager	– TIC	– 140
	– Alliance Management (AM)	– Business Manager		– 60

Tabla 5-1: Resumen escenarios

5.2.3 Análisis de la definición de ECMM con SBVR

Una vez seleccionado ECMM como el modelo de madurez sobre el que se basa inicialmente una parte del modelo dinámico de colaboración, el siguiente paso consistió en elegir en qué áreas de proceso se focalizaría la validación. En este caso, he considerado conveniente utilizar todas las áreas de proceso del Nivel 2 de ECMM (ver Tablas 5-2 y 5-3) puesto que los niveles superiores son más difíciles de cumplir para una red de organizaciones en cooperación. Esto se cumple en cualquier modelo debido a que se necesita una madurez de procesos elevada e implantada a través de los niveles anteriores y, por lo tanto, la validación experimental no mostraría resultados concluyentes.

	Innovation	Project and Product Management	Business Process and Strategy	Customer
L2		Collaborative Project Management		
		Configuration Management	Business Management	
		Requirements Management		
		Process and Product Assurance		
L3	Organisational Innovation	Requirements Development	Business Governance	Collaborative Customer Relationship Management
		Risk Management	Collaborative Business Process	
L4	Open Innovation	Technical Solution		Customer Evaluation
		Quantitative Project Management		

Tabla 5-2: Niveles y áreas de proceso ECMM I

	Collaboration, Legal environment and Trust	Organisation	Systems and Technology
L2	IPR	Measurement and Analysis	
	Collaboration agreement	Resource Management	
	Trust Management		
L3		Defect and Problem Prevention	Interoperability and Collaboration Technologies
L4		Training and Competency Development	
		Organisational Process Performance	

Tabla 5-3: Niveles y áreas de proceso ECMM II

Las diez áreas de proceso que contiene el modelo ECMM en el Nivel 2 las he escrito mediante el estándar SBVR. El gráfico de la Figura 5-15 muestra el número de términos, reglas de negocio, tipos de hecho y hechos relacionados empleados para la definición de todas las áreas con el objetivo de ofrecer el tamaño de la muestra sobre la que se basa la validación. Del mismo modo, los gráficos de las Figuras 5-16, 5-17, 5-18 y 5-19 son una división de las áreas de proceso del Nivel 2 de ECMM en función del dominio al que pertenecen: Project and Product Management; Business Process and Strategy; Collaboration, Legal Environment and Trust y Organisation, respectivamente.

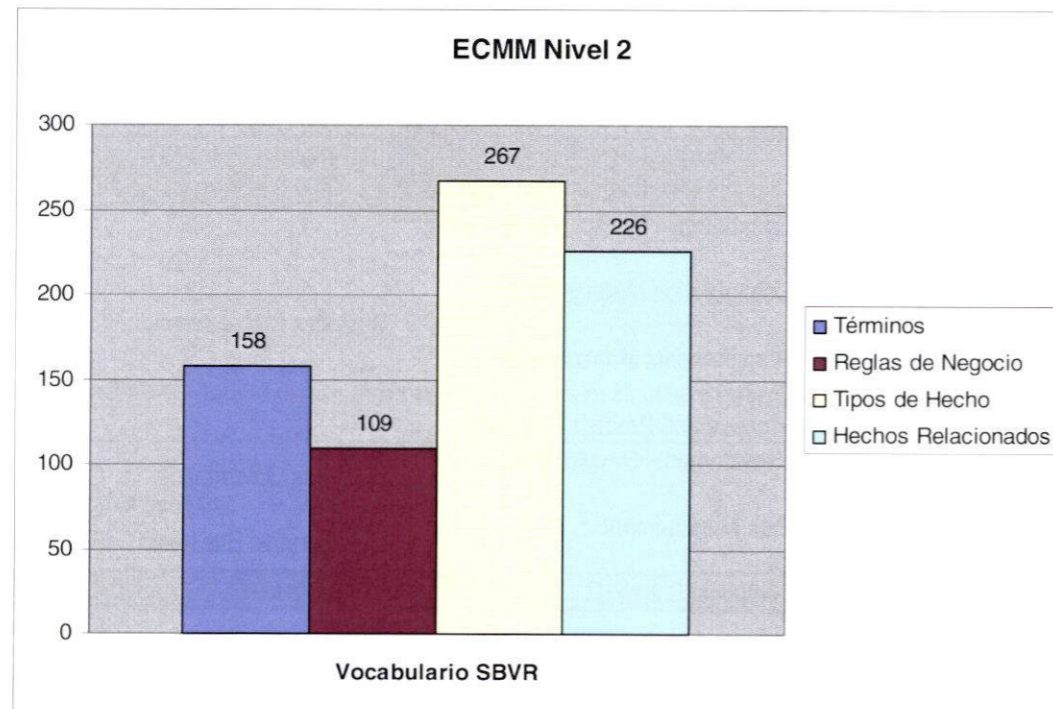


Figura 5-15: Vocabulario SBVR para el Nivel 2 de ECMM

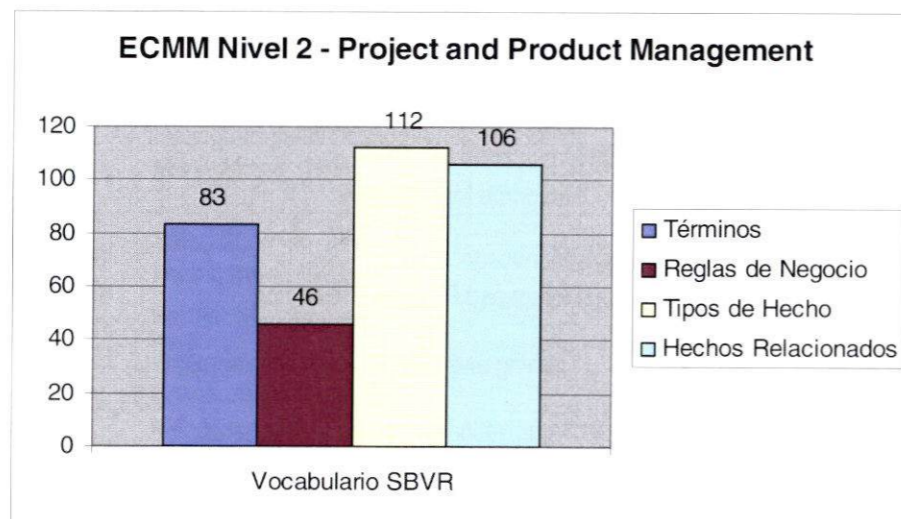


Figura 5-16: Vocabulario SBVR para el dominio Project and Product Management

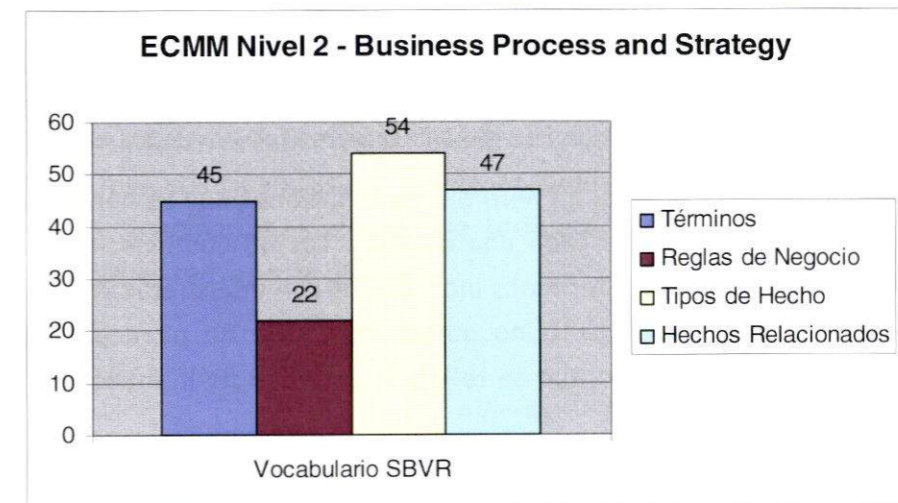


Figura 5-17: Vocabulario SBVR para el dominio Business Process and Strategy

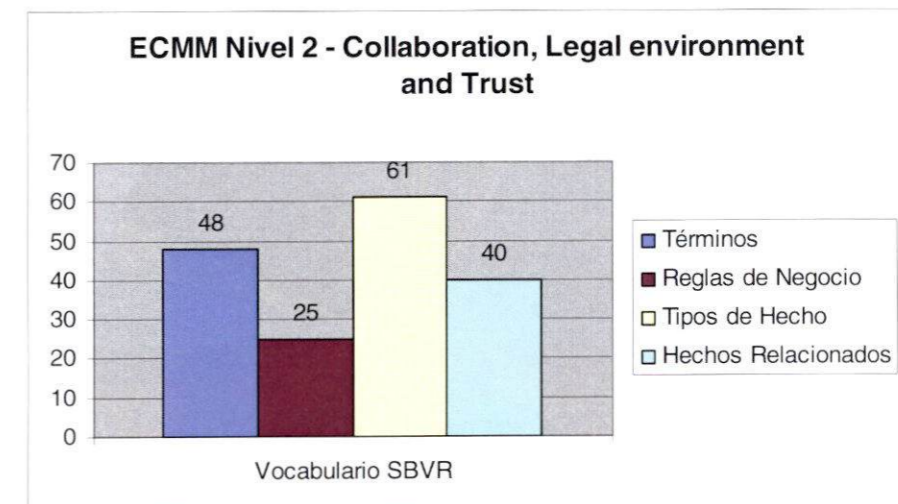


Figura 5-18: Vocabulario SBVR para el dominio Collaboration, Legal and Trust

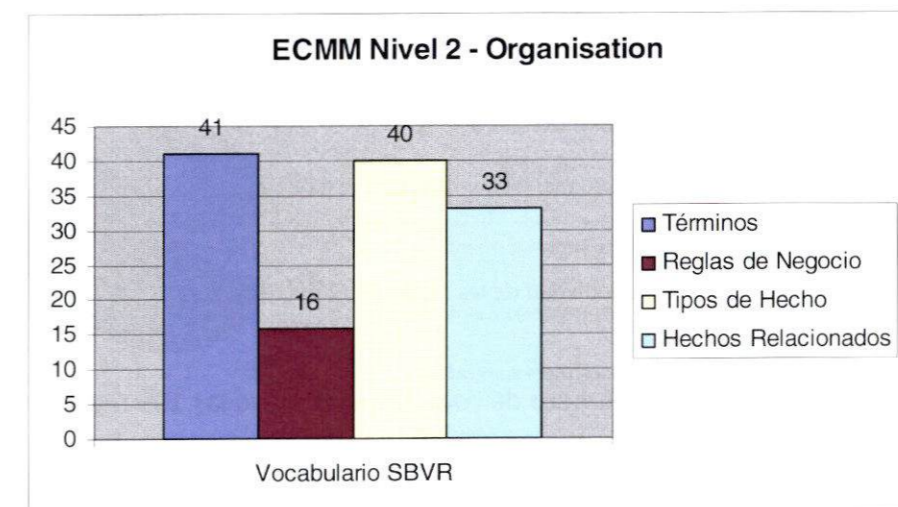


Figura 5-19: Vocabulario SBVR para el dominio Organisation

Reglas de Negocio

Tal y como se mostraba en la Figura 5-15, el Nivel 2 de ECMM está definido a través de **109 reglas** de negocio basadas en el estándar SBVR. Las posibles combinaciones de estas reglas por dominios están recogidas en el ANEXO 5 (ver Tablas A5-1 y A5-2).

El primer punto a destacar es el número de combinaciones que se han utilizado (**48**) y el porcentaje de repetibilidad de cada una de ellas. Las 48 combinaciones de términos, verbos, elementos auxiliares o términos individuales son interpretadas por el proceso de comparación de reglas SBVR (esto no quiere decir que no puedan procesarse otras combinaciones distintas) con lo que se refleja la variedad de la muestra empleada (ver Figura 5-20).

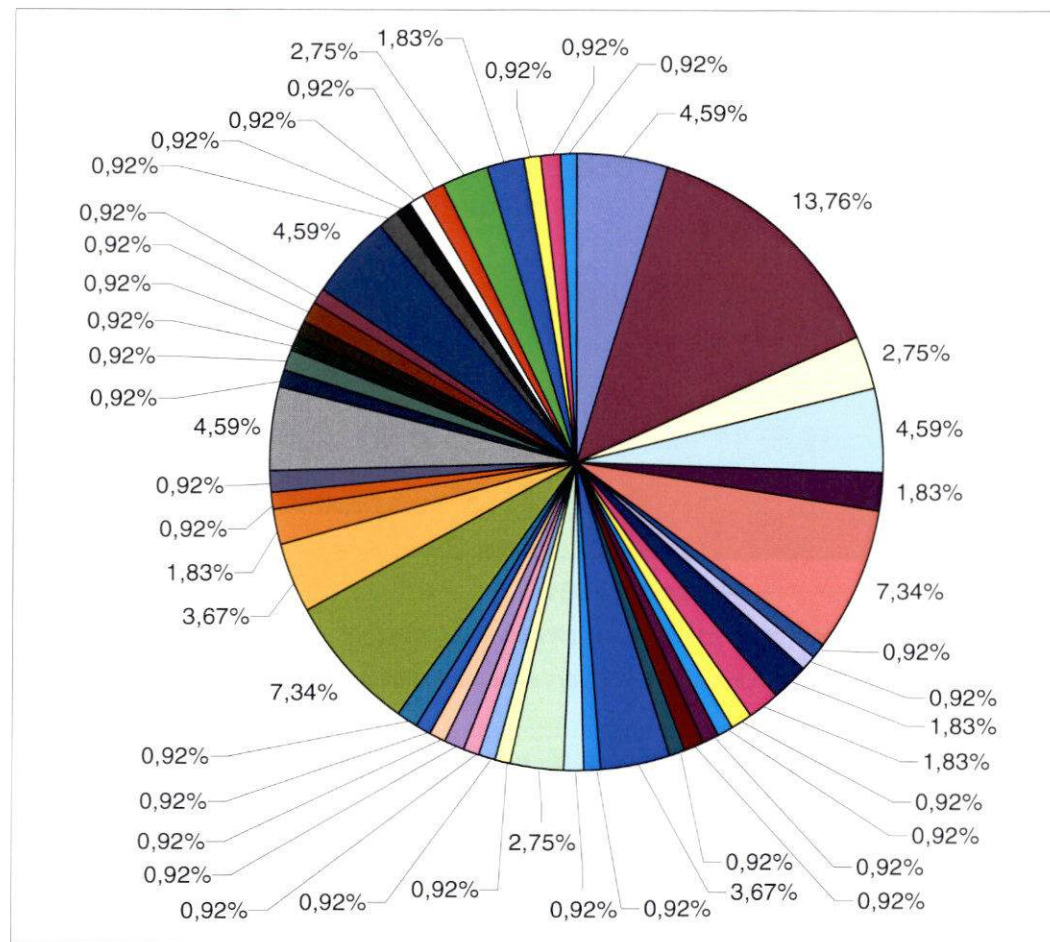


Figura 5-20: Variabilidad de las reglas SBVR del Nivel 2 de ECMM

Por otro lado, también está el número de coincidencias entre las 109 reglas de negocio en relación a las 48 tipos diferentes de combinaciones que se han producido en la definición del Nivel 2 de ECMM. De este modo, hay más de un **71%** de combinaciones que tienen más de una coincidencia. Es decir, el 71% de las reglas de negocio repiten en más de una ocasión su estructura de términos, elementos auxiliares, verbos y términos individuales.

Como es lógico, este porcentaje se reduce hasta el **62%** cuando existen tres o más coincidencias, llegando a casi el **47%** cuando nos focalizamos en cinco o más (ver Figuras A5-1, A5-2 y A5-3 del ANEXO 5).

Si partimos de la Figura A5-3, donde se muestra el porcentaje de reglas de negocio que tienen cinco o más coincidencias, se puede profundizar aún más en el análisis para determinar qué combinaciones exactas de términos, elementos auxiliares, verbos y términos individuales son las más utilizadas.

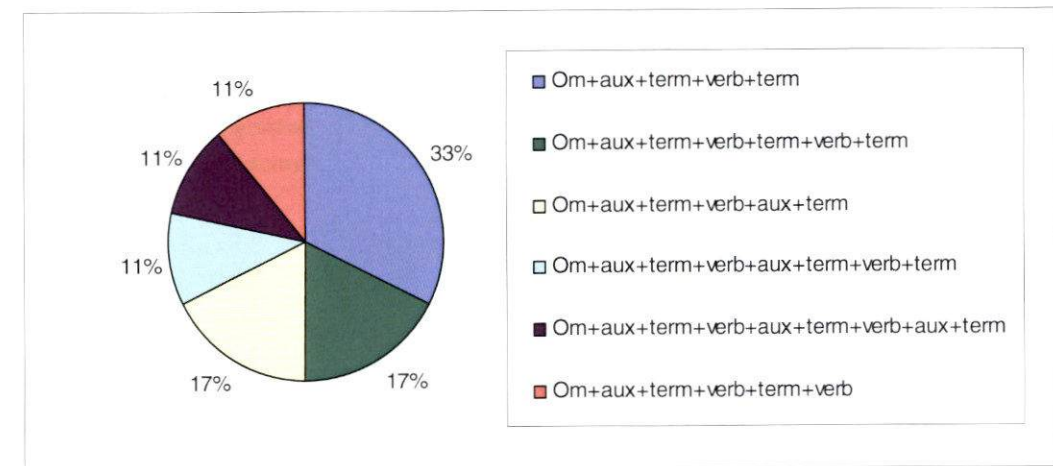


Figura 5-21: Estructuras más repetidas para reglas con cinco o más coincidencias

Tal y como se puede observar de la Figura 5-21, la regla de negocio definida por **om+aux-term+verb+term** ha sido utilizada el **33%** de todas las reglas con cinco o más coincidencias. En cambio, si se toma como base el total de reglas de negocio del Nivel 2 de ECMM, el peso de esta combinación bajaría al **14%** mientras que el resto quedaría en un **7%** y **5%** (ver Figura 5-22).

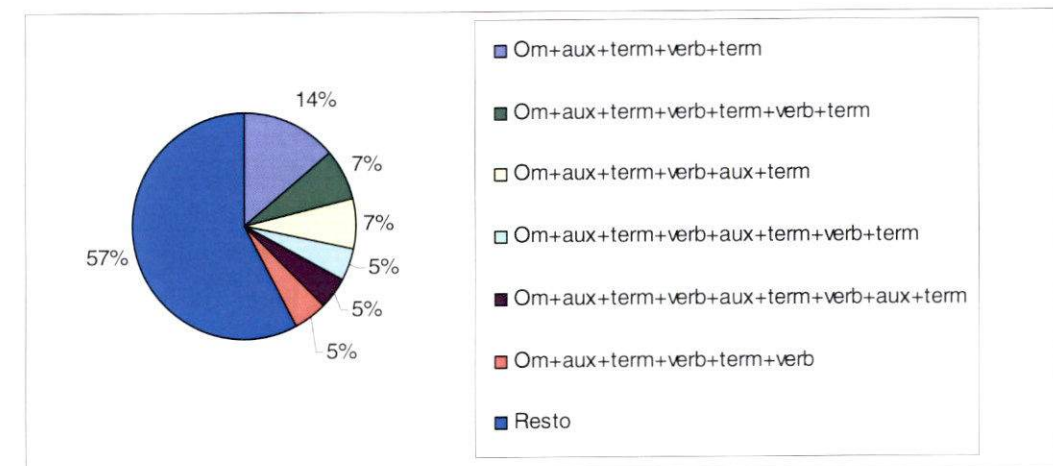


Figura 5-22: Estructuras más repetidas de las reglas SBVR del Nivel 2 de ECMM

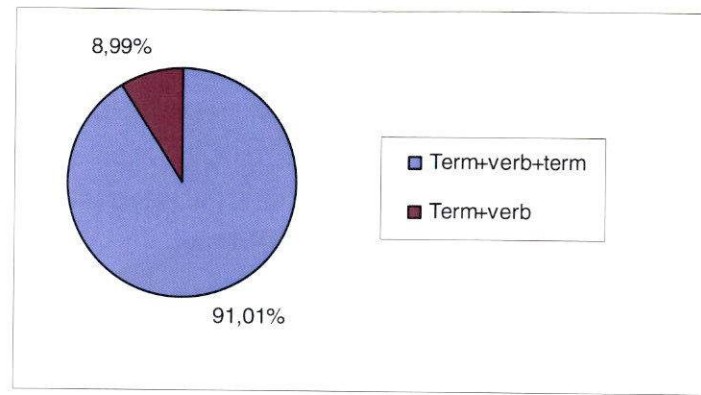


Figura 5-25: Variabilidad de los tipos de hecho para el Nivel 2 de ECMM

Es decir, la combinación **term+verb+term** es la más utilizada y teniendo en cuenta el propio contenido de los tipos de hecho para esta combinación, nos podemos focalizar en el verbo (ver Tablas A5-3 y A5-4 del ANEXO 5). En dichas tablas se observa que el **51%** de los **243** verbos que tienen esta combinación se han utilizado siete veces o más en diferentes tipos de hecho para componer las reglas de negocio (ver Figura A5-4 del ANEXO 5). De este **51%**, el verbo que más se ha empleado para definir los tipos de hecho ha sido *has*, con más del **57%**. Esto es debido al gran número de reglas de negocio que se escriben utilizando "*term₁ of term₂*" en parte de la regla y que por consiguiente tienen un tipo de hecho de la forma "*term₂ has term₁*", y los verbos *includes*, *are* y *are documented with* el 26%, 10,5% y 5,6% respectivamente (ver Figura A5-5 del ANEXO 5).

En cambio, si tenemos en cuenta el total de los verbos que componen la estructura **term+verb+term**, *has*, *includes*, *are* y *are documented with* representan el **31%**, **14%**, **6%** y **3%** respectivamente (ver Figura 5-26).

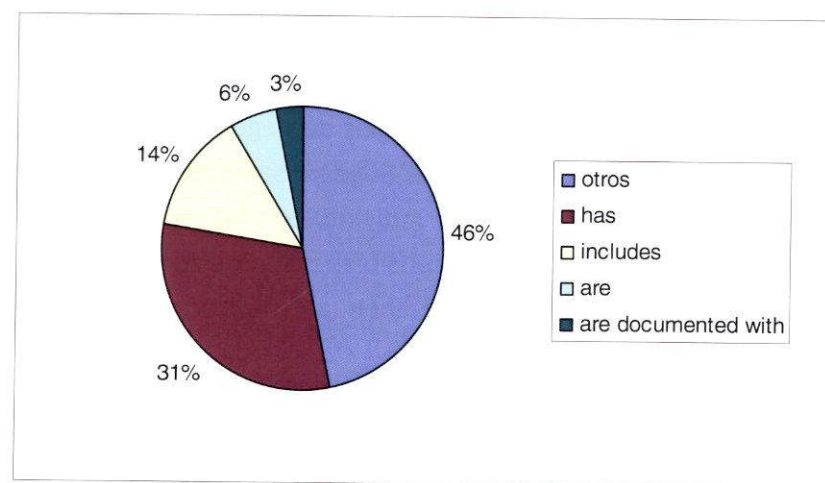


Figura 5-26: Verbos de los tipos de hecho más repetidos en el Nivel 2 de ECMM

Hechos Relacionados

El Nivel 2 de ECMM se ha definido a través de **226 hechos relacionados** que sirven de soporte a las 109 reglas de negocio SBVR (ver Figura 5-15). El análisis de los hechos relacionados determina en primer lugar cuántos de los cuatro posibles se han empleado. El **53,98%** de los 226 hechos relacionados se basa en la utilización de *role*; el **27,88%** ha empleado *category*; el **11,06%** *facet* y finalmente el **7,08%** *individual values* (ver Tabla A5-5 del ANEXO 5). Estos cuatro tipos de hechos relacionados son los que he definido previamente como opciones para la escritura de las reglas de negocio en caso necesario (ver Figura 5-27).

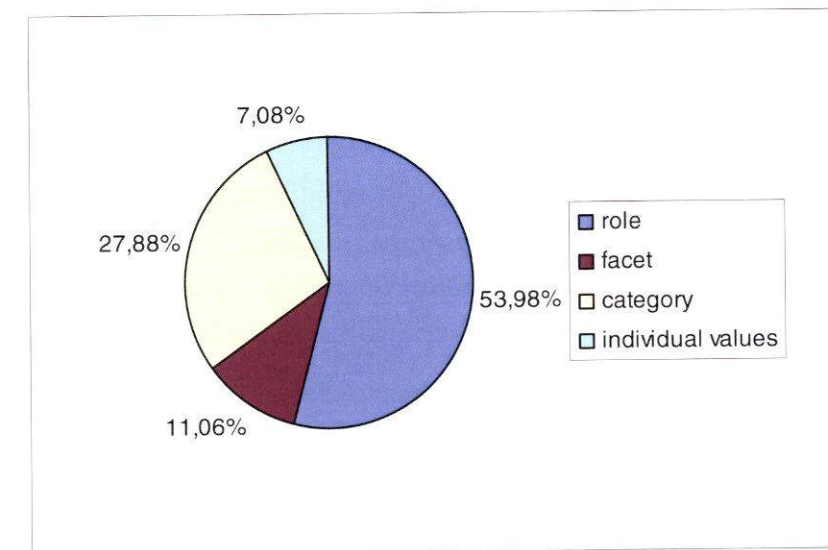


Figura 5-27: Tipos de hechos relacionados en el Nivel 2 de ECMM

Dado que los hechos relacionados *role* y *category* son los más utilizados, he realizado un análisis más en profundidad sobre el contenido de estos roles y categorías. En el nivel 2 de ECMM el **67%** de los **122 roles** han tenido más de una coincidencia en diferentes hechos relacionados, sin embargo éste porcentaje se reduce al **40%** cuando buscamos roles con cuatro o más repeticiones (ver Figuras A5-6 y A5-7 del ANEXO 5).

Los roles más significativos de los 122 hechos relacionados, los que más se han repetido, han sido: '*stakeholder*' con un **19%**, '*project plan*' con un **11%**, '*collaborative enterprises*' con un **4%** y '*relevant stakeholders*' y '*collaborative resources*' con un **3%** (ver Figura 5-28).

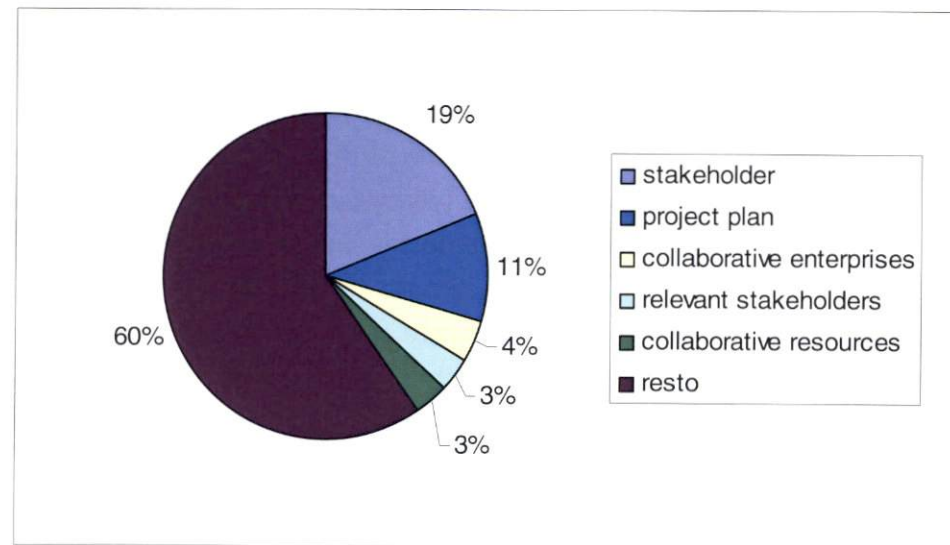


Figura 5-28: Hechos relacionados de tipo *role* más repetidos en el Nivel 2 de ECMM

En relación a las categorías, en el nivel 2 de ECMM el **71%** de las **63 categorías** han tenido más de una coincidencia en diferentes hechos relacionados y se reduce considerablemente hasta el **32%** cuando buscamos categorías con cuatro o más repeticiones en los hechos relacionados (ver Figuras A5-8 y A5-9 del ANEXO 5).

Las categorías más significativas de los 63 hechos relacionados, es decir, los que más se han repetido, han sido: 'business plan' con un **11%**, 'business risk' con un **8%**, 'collaboration agreement' y 'trust requirements' con un **6%** (ver Figura 5-29).

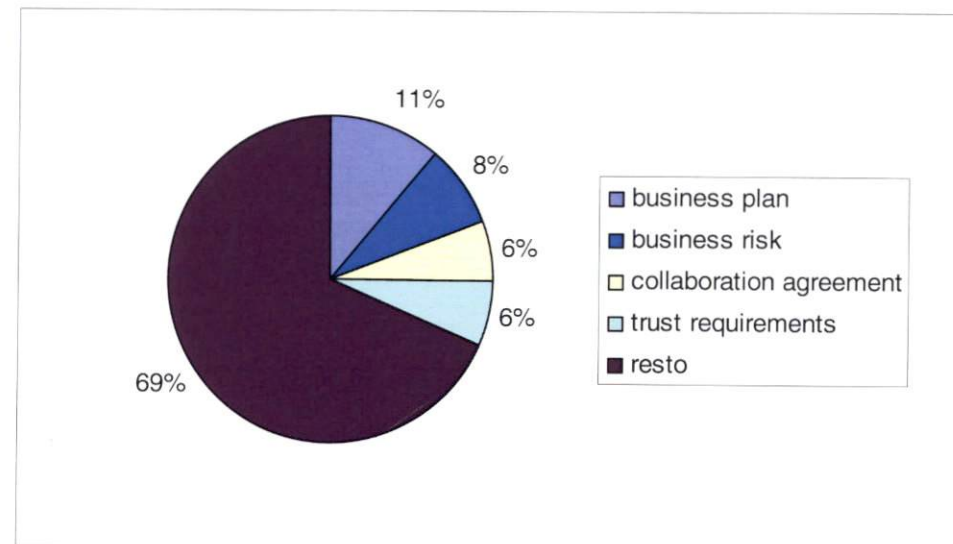


Figura 5-29: Hechos relacionados de tipo *category* más repetidos en el Nivel 2 de ECMM

5.2.4 Conclusiones de la Definición Inicial del Modelo

Mi modelo dinámico ofrece un medio para que la propia industria defina sus colaboraciones exitosas a la medida de sus necesidades y tamaño, sin obligar a establecer implementaciones con mayor número de prácticas.

El modelo dinámico de colaboración propuesto ofrece un marco flexible y adaptativo de definición para las organizaciones que colaboran para lograr un negocio común ya que su estructura contempla los distintos escenarios cooperativos y permite definir con el estándar SBVR cualquier proceso colaborativo que las propias organizaciones consideren de interés. Así, aspectos como el *ciclo de vida* suponen una gran parte de las implementaciones en algunos escenarios industriales y las reglas de negocio se focalizan en unas áreas de proceso concretas (ver resumen en la Tabla 5-4).

Escenario	Denominación Fija SBVR	Porcentaje
U.T.E.	Ciclo de Vida	56,62%
	Entre CPM y CCM	26,09%
	Ente CPM y CPM	17,39%
Subcontratación	Ciclo de Vida	50%
	Entre PM y CPM	35%
	Ente CPM y CPM	15%
Apertura de Sedes	Ciclo de Vida	37,5%
	Entre HM y HM	62,5%
Alianza Estratégica como Partner	Ciclo de Vida	38,46%
	Entre SCM y PM	61,54%
Alianza Estratégica con Empresas del Sector	Ciclo de Vida	11,12%
	Entre CPM y CCM	44,44%
	Ente CPM y CPM	44,44%

Tabla 5-4: Resumen denominación fija SBVR

A diferencia de las áreas de proceso de Nivel 2 de ECMM, las reglas de negocio SBVR de las colaboraciones empresariales tienen asociada la *denominación fija* del modelo dinámico de colaboración ya que se escriben en un contexto de implementación práctica de cooperación empresarial. Este punto es una de las aportaciones de mi modelo ya que el Nivel 2 de ECMM complementa las implementaciones de los escenarios de cooperación con las buenas prácticas de un modelo mejora continua, lo cual repercute en una visión más completa para las organizaciones que cooperan.

Finalmente, del análisis realizado de la definición de ECMM con SBVR y reflejado en las Figuras 5-20, 5-21 y 5-22 queda patente la riqueza del vocabulario SBVR empleado del Nivel 2 de ECMM, y que las pautas definidas para estructurar las reglas de negocio basadas en SBVR permiten una homogeneización que facilita la escritura mediante este estándar.

5.3 Validación del Proceso de Comparación de Vocabularios SBVR

En esta sección presento la validación del proceso de comparación de vocabularios SBVR en base a la muestra de vocabularios que pertenecen a las áreas de procesos de los Niveles 2 de los modelos de madurez CMMI y ECMM.

5.3.1 Análisis de la definición de CMMI con SBVR

Las seis áreas de proceso que contiene el modelo CMMI en el Nivel 2 están escritas mediante el estándar SBVR. El gráfico de la Figura 5-30 muestra el número de términos, reglas de negocio, tipos de hecho y hechos relacionados que se han empleado para su definición. De aquí, el tamaño de la muestra para la validación del proceso de comparación con el Nivel 2 del modelo ECMM.

Del mismo modo, las Figuras 5-31 a 5-36 muestran por área de proceso el tamaño de los vocabularios SBVR utilizados para su definición; vocabularios que he empleado para la validación del proceso de comparación de la presente tesis doctoral: Project Planning; Project Monitoring and Control; Requirements Management; Configuration Management; Process and Product Quality Assurance y Measurement and Analysis, respectivamente.

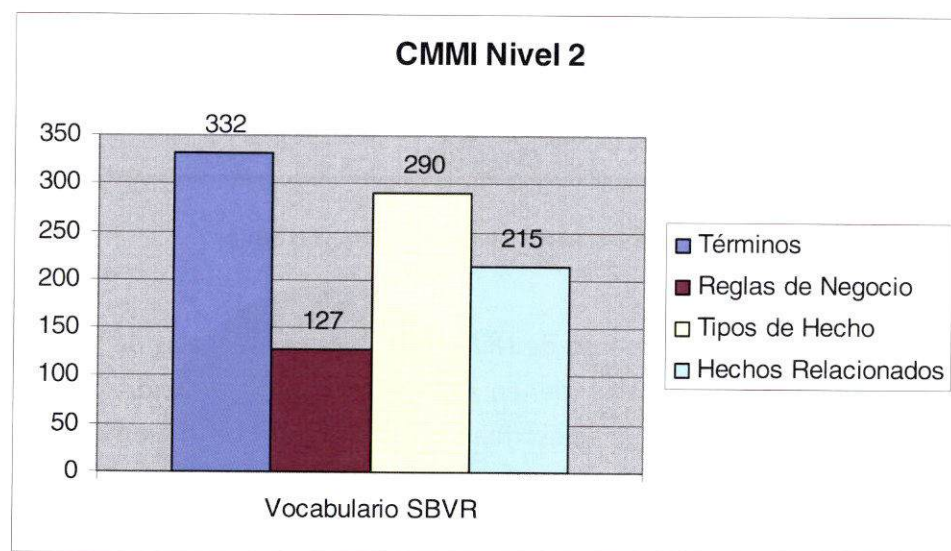


Figura 5-30: Vocabulario SBVR para el Nivel 2 de CMMI

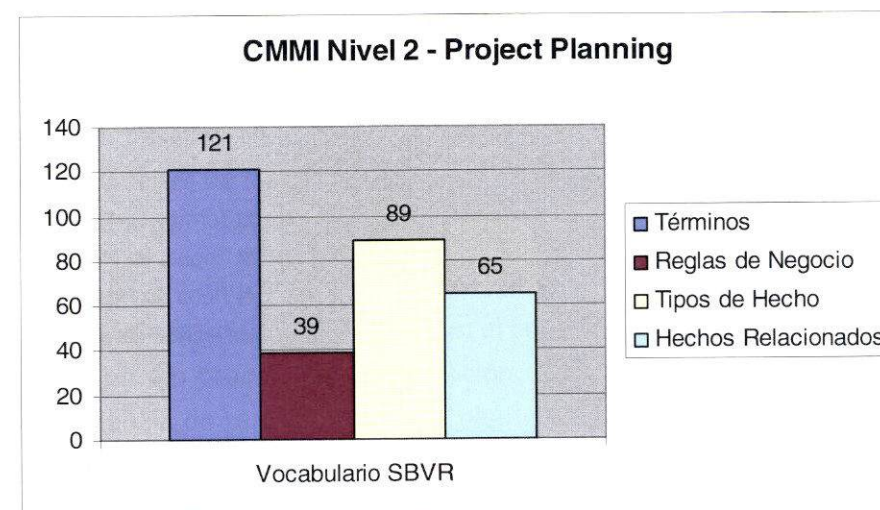


Figura 5-31: Vocabulario SBVR para Project Planning

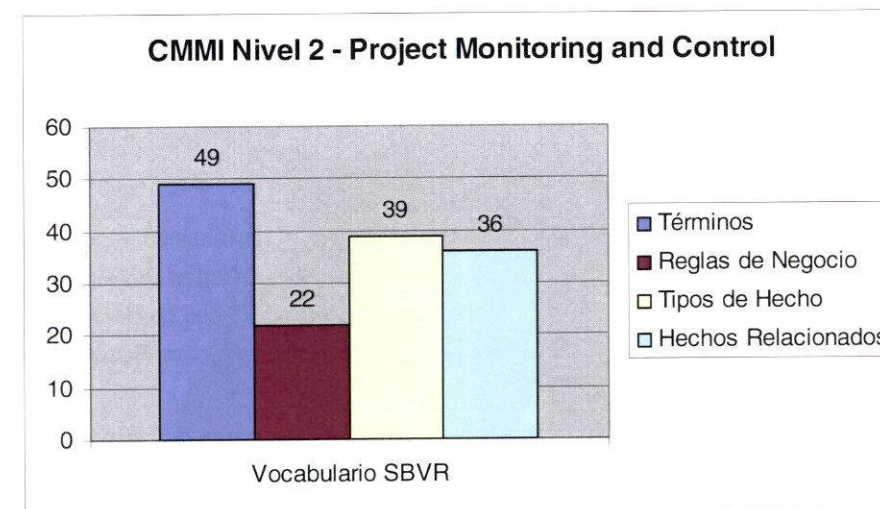


Figura 5-32: Vocabulario SBVR para Project Monitoring and Control

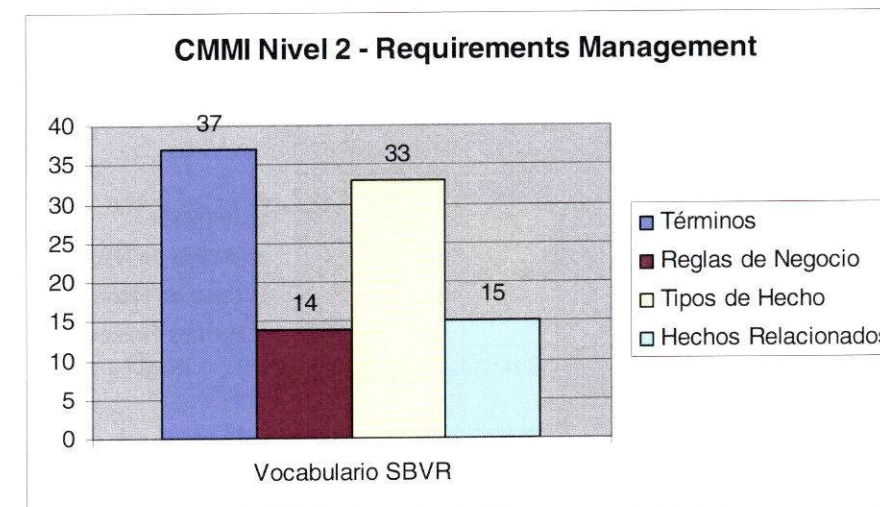


Figura 5-33: Vocabulario SBVR para Requirements Management

Figuras A6-1, A6-2 y A6-3 del ANEXO 6). En la siguiente figura se describe qué combinaciones exactas de términos, elementos auxiliares, verbos y términos individuales, y en qué medida componen éste 59%.

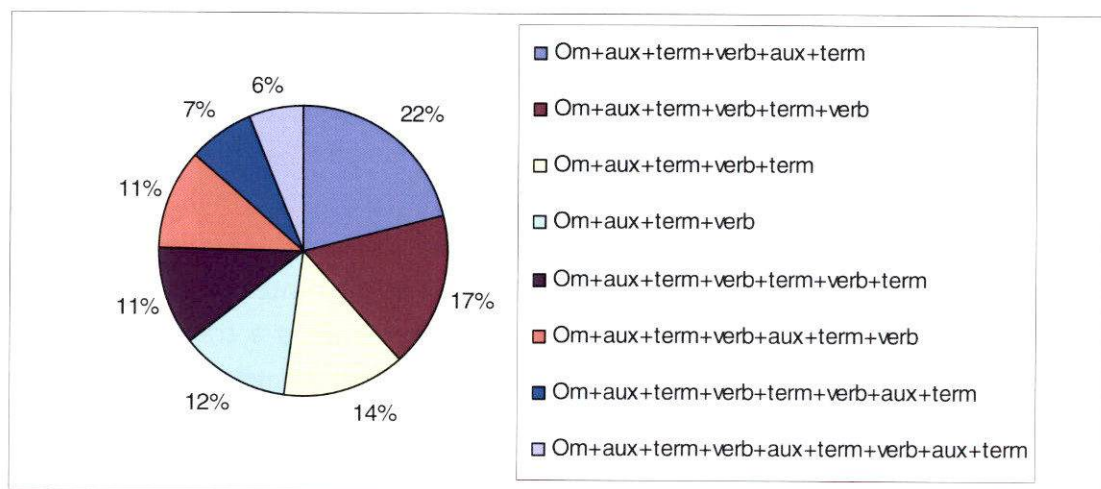


Figura 5-38: Estructuras más repetidas para reglas con cinco o más coincidencias

Como se puede observar, las combinaciones **Om+aux+term+verb+aux+term** y **Om+aux+term+verb+term+verb** son las que más se repiten con un 22% y 17% respectivamente. En términos absolutos, es decir, teniendo en cuenta todas las combinaciones, las reglas representan el 13% y 11% respectivamente (ver Figura 5-39).

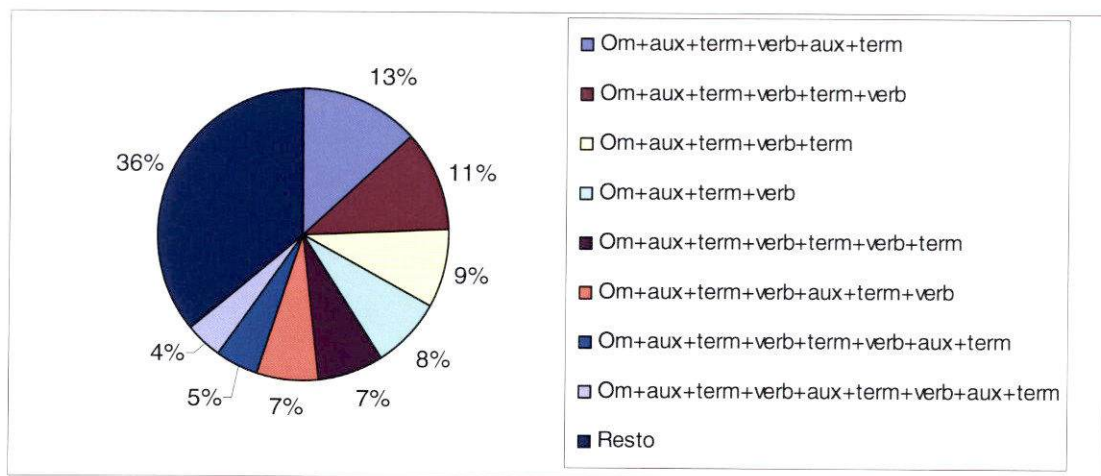


Figura 5-39: Estructuras más repetidas de las reglas SBVR del Nivel 2 de CMMI

Por otro lado, hay que tener en cuenta la proporción de las expresiones obligación o prohibición, posibilidad o imposibilidad y necesidad o permiso para describir las operaciones de negocio en las reglas del Nivel 2 de CMMI (ver Figura 5-40).

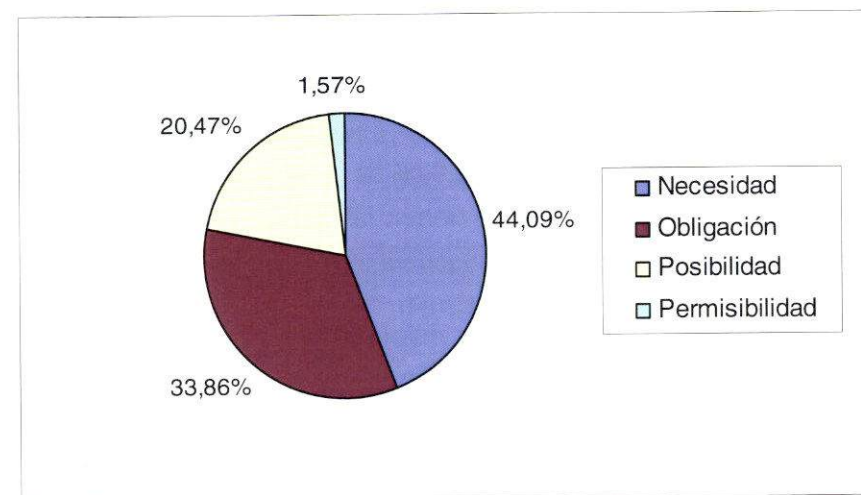


Figura 5-40: Proporción de formulaciones de negocio en las reglas del Nivel 2 de CMMI

Con todo ello, la comparación de las reglas de negocio que definen los Niveles 2 de ECMM y CMMI desde un punto de vista de repetibilidad, contenido de palabras clave de la regla y formulaciones de negocio respectivamente, indica las diferencias entre las reglas de negocio de los vocabularios empleados en el proceso de comparación (ver Tablas 5-5, 5-6 y 5-7).

Modelo	Nº Reglas	Repetibilidad>1	Repetibilidad>=3	Repetibilidad>=5
ECMM	109	71,56%	62,39%	46,79%
CMMI	127	80,31%	69,29%	59,06%

Tabla 5-5: Comparación repetibilidad de reglas de negocio ECMM/CMMI

Modelo	Estructura Regla	% Respecto Total
ECMM	Om+aux+term+verb+term	14%
	Om+aux+term+verb+term+verb+term	7%
	Om+aux+term+verb+aux+term	7%
CMMI	Om+aux+term+verb+aux+term	13%
	Om+aux+term+verb+term+verb	11%
	Om+aux+term+verb+term	9%

Tabla 5-6: Comparación estructura de reglas de negocio ECMM/CMMI

Formulación	ECMM	CMMI
Necesidad	44,95%	44,09%
Obligación	24,77%	33,86%
Posibilidad	24,77%	20,47%
Permisibilidad	5,50%	1,57%

Tabla 5-7: Comparación formulación de reglas de negocio ECMM/CMMI

Tipos de Hecho

El Nivel 2 de CMMI está definido a través de **290 tipos de hecho** en los que se basan las 127 reglas de negocio SBVR. La Tabla A6-2 del ANEXO 6 recoge los datos sobre su composición. De ellos se deduce que el **82,07%** de los tipos de hecho para cada una de las áreas de proceso del Nivel 2 de CMMI, tienen la estructura **term+verb+term** mientras que el **17,93%** restante se construyen con la forma **term+verb** (ver Figura 5-41).

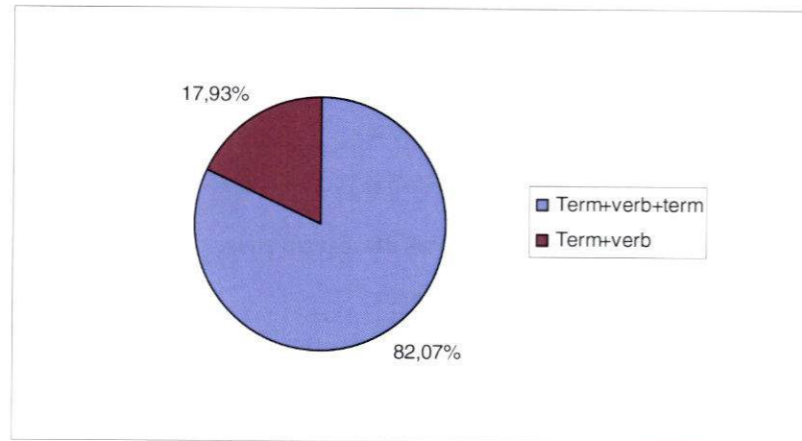


Figura 5-41: Variabilidad de los tipos de hecho para el Nivel 2 de CMMI

Al igual que en ECMM, la combinación **term+verb+term** es la más utilizada (ver Tablas A6-3 y A6-4 del ANEXO 6 relativas a los verbos más utilizados). De los datos obtenidos se concluye que el **52,54%** de los **238** verbos que tiene esta combinación se han utilizado siete veces o más en diferentes tipos de hecho para componer las reglas de negocio. De este **52,54%**, el verbo que más se ha empleado para definir los tipos de hecho ha sido *has*, con más del **52%** mientras que los verbos *includes* y *can be* representan el 33,87% y el 13,71% respectivamente (ver Figuras A6-4 y A6-5 del ANEXO 6).

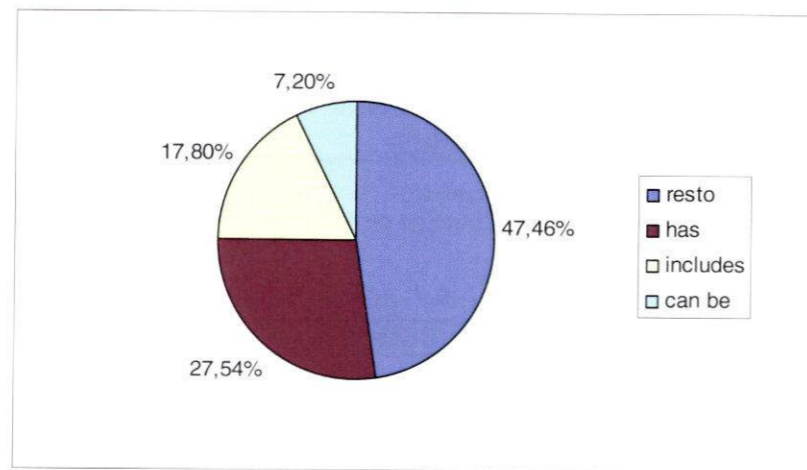


Figura 5-42: Tipos de hechos relacionados en el Nivel 2 de CMMI

Teniendo en cuenta que el total de verbos que componen la estructura **term+verb+term**, *has*, *includes* y *can be* representan el **27,54%**, **17,80%** y **7,20%** respectivamente.

En las Tablas 5-8 y 5-9 recojo las proporciones de la estructura de los tipos de hecho y los verbos del Nivel 2 de ECMM y CMMI respectivamente.

Modelo	Nº Tipos	Estructura Tipos de Hecho	Porcentaje
ECMM	267	Term+verb+term	90,23%
		Term+verb	8,98%
CMMI	290	Term+verb+term	81,38%
		Term+verb	18,62%

Tabla 5-8: Comparación tipos de hecho ECMM/CMMI

Modelo	Verbo	% Respecto Total
ECMM	Has	31%
	Includes	14%
	Are	6%
	are documented with	3%
CMMI	Has	27,54%
	Includes	17,80%
	can be	7,20%

Tabla 5-9: Comparación verbos de los tipos de hecho ECMM/CMMI

Hechos Relacionados

El Nivel 2 de CMMI contempla **215 hechos relacionados** que sirven de soporte a las 127 reglas de negocio SBVR. Tomando como referencia los datos recogidos en la Tabla A6-5 del ANEXO 6, se concluye que el **56,28%** se basan en la utilización del hecho relacionado *role*; el **40,47%** ha empleado *category*; el **2,79%** ha utilizado *facet* y finalmente el **0,47%** ha utilizado *individual values* (ver Figura 5-43).

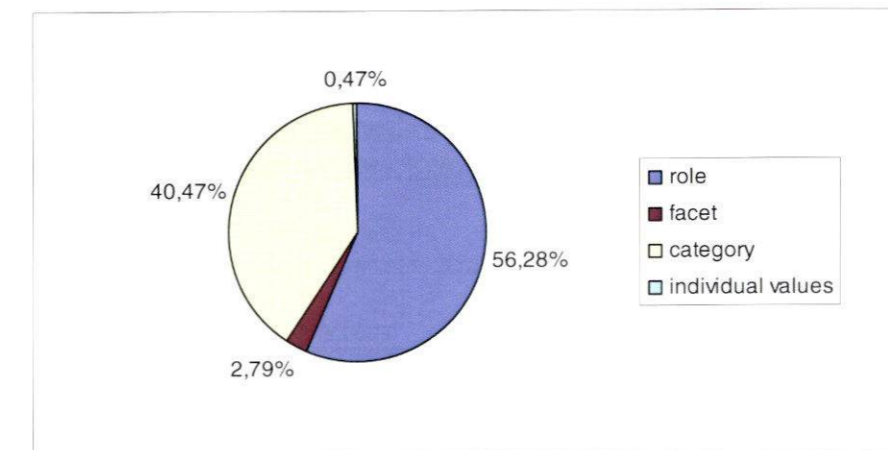


Figura 5-43: Tipos de hechos relacionados en el Nivel 2 de CMMI

Al igual que los hechos relacionados de ECMM, *role* y *category* son los más utilizados con más del 96% de representación total. De los datos obtenidos y recogidos de forma tabulada en el ANEXO 6 (Tablas A6-6 y A6-7), destacar cómo el **51,64%** de los **121 roles** han tenido más de una coincidencia en diferentes hechos relacionados mientras que éste porcentaje se reduce al **30,33%** cuando buscamos roles con cuatro o más repeticiones en los hechos relacionados. Los roles más significativos de los 119 hechos relacionados, es decir, los que más se han repetido, han sido: 'project plan' con un **14%**, 'relevant stakeholders' con un **6%**, 'work breakdown structure', 'project risks' y 'corrective actions' con un **3%**.

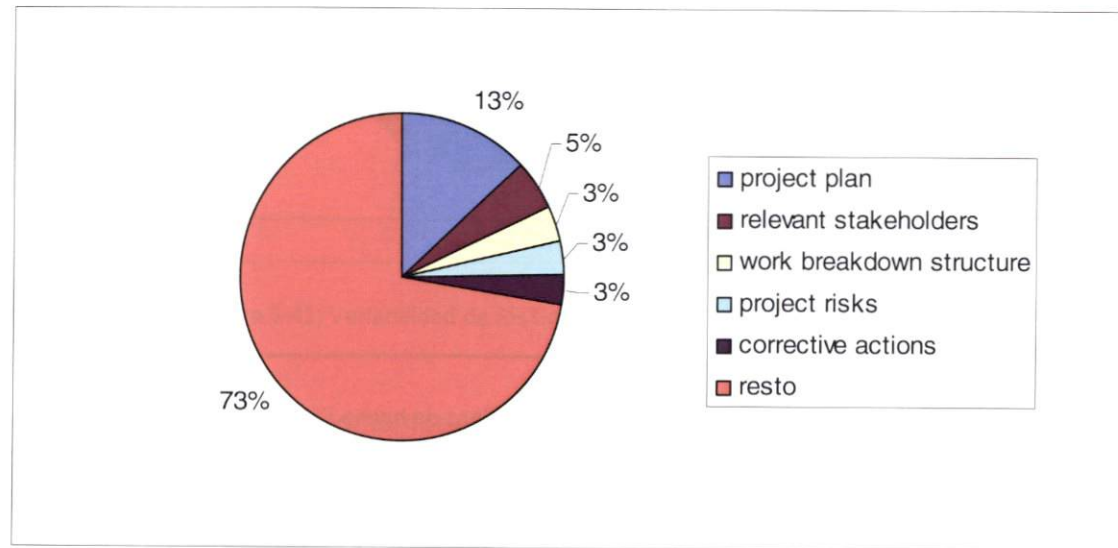


Figura 5-44: Hechos relacionados de tipo role más repetidos en el Nivel 2 de CMMI

Con respecto a los hechos relacionados *category* (Tablas A6-8 y A6-9), el **59,77%** de los 87 han tenido más de una coincidencia en diferentes hechos relacionados mientras que éste porcentaje se reduce considerablemente hasta el **26,44%** cuando buscamos categorías con cuatro o más repeticiones en los hechos relacionados. Las categorías más significativas de los 87 hechos relacionados, es decir, los que más se han repetido, han sido: 'configuration items' con un **12%**, 'top-level work breakdown structure', 'measurement objectives' y 'measurement data' con un **5%** (ver Figura 5-45).

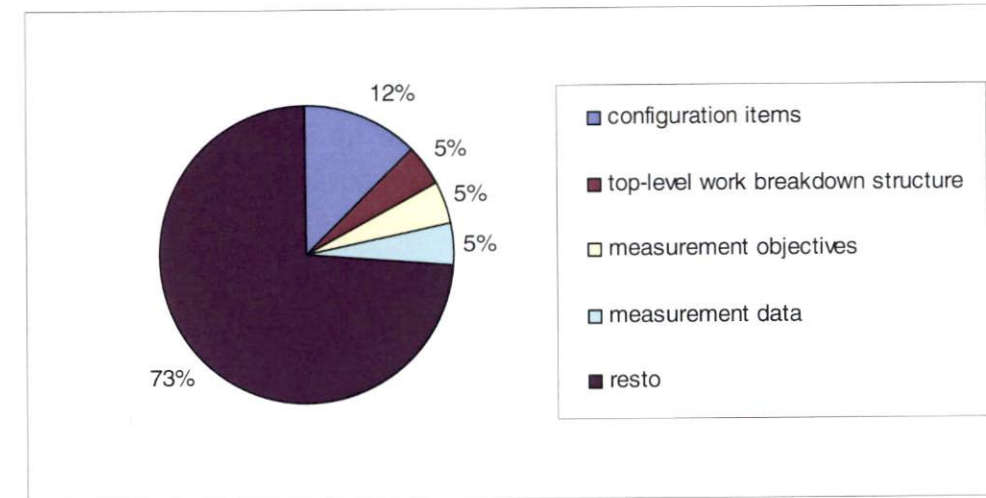


Figura 5-45: Hechos relacionados de tipo category más repetidos en el Nivel 2 de CMMI

En las Tablas 5-10, 5-11 y 5-12 muestro a modo de comparación los datos obtenidos relativos a los hechos relacionados de las reglas de negocio del Nivel 2 de ECMM y CMMI.

Modelo	Nº Hechos Relacionados	Tipo de Hechos Relacionados	Porcentaje
ECMM	226	Role	53,98%
		Category	27,88%
		Facet	11,06%
		Individual values	7,08%
CMMI	213	Role	55,87%
		Category	40,85%
		Facet	2,82%
		Individual values	0,47%

Tabla 5-10: Comparación hechos relacionados ECMM/CMMI

Modelo	Role	% Respecto Total
ECMM	Stakeholder	19%
	Project plan	11%
	Collaborative enterprises	4%
	Relevant stakeholders	3%
	Collaborative resources	3%
CMMI	Project plan	14%
	Relevant stakeholders	5%
	Work breakdown structure	3%
	Project risks	3%
	Corrective actions	3%

Tabla 5-11: Comparación contenido tipo de hecho role ECMM/CMMI

Modelo	Category	% Respecto Total
ECMM	Business plan	11%
	Business risk	8%
	Collaboration agreement	6%
	Trust requirements	6%
CMMI	Configuration items	12%
	Top-level work breakdown structure	5%
	Measurement objectives	5%
	Measurement data	5%

Tabla 5-12: Comparación contenido tipo de hecho category ECMM/CMMI

5.3.2 Análisis de Resultados del Proceso de Comparación

La validación del proceso de comparación de las reglas de negocio escritas en SBVR consiste en comparar entre sí todas las reglas, tipos de hecho, hechos relacionados y términos de los Niveles 2 de ECMM y CMMI definidos mediante este estándar.

Para ello he utilizado los componentes software desarrollados con ANTLR así como las clases Java asociadas que contienen tanto la interpretación léxica, sintáctica y semántica de los vocabularios SBVR como la aplicación de las fórmulas algebraicas. Estos componentes han recibido como entrada las 109 reglas, 256 tipos de hecho, 226 hechos relacionados, 158 términos del Nivel 2 de ECMM y las 127 reglas, 290 tipos de hecho, 213 hechos relacionados, 332 términos del Nivel 2 de CMMI.

Al analizar los resultados del proceso de comparación, se observa un determinado patrón repetitivo que permite categorizar la comparación de reglas en cuatro grupos: prácticamente iguales, similares con diferencias pequeñas, similares con diferencias apreciables y distintas, con unas características porcentuales a nivel léxico, sintáctico y semántico diferenciales entre ellos. En las Tablas 5-13, 5-14 y 5-15 se muestra un conjunto de figuras estadísticas que ofrecen la visión numérica de cada grupo, así como los valores mínimos y máximos que indican la posibilidad de que existan conjuntos de combinaciones donde, en determinadas comparaciones, unos porcentajes bajos en algunos de los análisis léxico, sintáctico o semánticos de las reglas no garantiza la similitud o la diferencia, siempre y cuando existan unos porcentajes más elevados en los otros parámetros. Las Tablas 4-14, 4-15, 4-16 y 4-17 recogían el resultado del proceso de validación aplicado teniendo en cuenta este rango de variaciones obtenido.

Los tres primeros grupos se corresponden con el concepto de similitud entre reglas SBVR, mientras que el último hace referencia a las reglas que no son iguales o guardan un grado muy bajo coincidencia. En cada caso, en el análisis tengo en cuenta los conceptos léxicos, sintácticos y semánticos e incluyo ejemplos concretos de reglas para una mejor comprensión de los resultados.

Prácticamente Iguales

Este grupo se caracteriza por tener porcentajes cercanos al 70% a nivel léxico y porcentajes superiores al 80% a nivel sintáctico y semántico aunque se pueden producir combinaciones donde existe un bajo grado de similitud a nivel léxico relativo a los términos pero en cambio dispongan de un porcentaje elevado a nivel sintáctico y semántico. La tabla siguiente muestra los estadísticos correspondientes.

Valor	Léxico-Términos	Léxico-Tipos	Sintáctico-Reglas	Semántico-Reglas
Media	61,66%	80,00%	93,33%	91,33%
Mediana	66,66%	83,33%	100%	93,33%
Min	0%	50%	83,33%	83,33%
Max	100%	100%	100%	100%

Tabla 5-13: Valores estadísticos para el grupo *prácticamente iguales*

Así por ejemplo, la comparación entre las dos siguientes reglas se encontrarían en este grupo:

ECMM

- The collaborative data management *is included in the* project plan

collaborative data management is included in project plan

The noun concept 'collaborative data management' *is a role that ranges over the* noun concept 'data management'

The noun concept 'project plan' *is a role that ranges over the* noun concept 'plan'

CMMI

- The data management *is included in the* project plan

data management is included in project plan

The noun concept 'data management' *is a category of the* noun concept 'management'

The noun concept 'project plan' *is a role that ranges over the* noun concept 'plan'

Como se puede observar en este caso, el término collaborative data management y data management difieren a nivel léxico, tanto para términos como para el tipo de hecho, aunque posteriormente a nivel semántico y gracias al hecho relacionado del término collaborative data management de la regla ECMM el proceso de comparación ofrece un porcentaje mayor.

Similares con diferencias pequeñas

Este grupo se caracteriza por tener porcentajes de similitud cercanos al 50% a nivel léxico y superiores al 70% a nivel sintáctico y semántico. La siguiente tabla recoge los estadísticos correspondientes.

Valor	Léxico-Términos	Léxico-Tipos	Sintáctico-Reglas	Semántico-Reglas
Media	49,47%	49,30%	78,58%	71,87%
Mediana	50%	52,78%	75,00%	75,00%
Min	0%	12,50%	55,55%	50%
Max	80%	75%	100%	83,33%

Tabla 5-14: Valores estadísticos para el grupo *similares con diferencias pequeñas*

Si comparamos estos datos con los del grupo anterior, se observa cómo la mayoría de valores de los términos estadísticos han disminuido. Los mínimos y máximos son menores a excepción del mínimo para el análisis léxico de los términos mientras que los valores medios han bajado más de 20 puntos para el análisis léxico de tipos de hecho y más de 15 puntos para el análisis sintáctico y semántico de reglas de negocio.

Por ejemplo, la comparación entre las dos reglas siguientes se encontraría en este grupo:

ECMM

- The estimation of the collaborative project *includes* work products **and** tasks

collaborative project *has* estimation

estimation *includes* work products

estimation *includes* tasks

The noun concept 'collaborative project' *is a role that ranges over the* noun concept 'project'

The noun concept 'work products' *is a role that ranges over the* noun concept 'results'

CMMI

- The estimation of the project *includes* attributes of work products **and** tasks

project *has* estimation

estimation *includes* attributes

work products *has* attributes

tasks *has* attributes

The noun concept 'work products' *is a role that ranges over the* noun concept 'products'

En este caso la introducción del término y verbo "attributes of" es la pequeña diferencia que el proceso de comparación detecta y por ese motivo los porcentajes bajan ligeramente. En cambio, las reglas siguientes también se encontrarían en este grupo:

ECMM

- The requirements *are documented with* description, date, responsible, observations, related requirement **and** test unit

requirements *are documented with* description

requirements *are documented with* date

requirements *are documented with* responsible

requirements *are documented with* observations

requirements *are documented with* related requirement

requirements *are documented with* test unit

The noun concept 'related requirement' *is a role that ranges over the* noun concept 'requirement'

The noun concept 'test unit' *is a category of the* noun concept 'test'

CMMI

- The requirements *are documented with* description, date, responsible **and** observations

requirements *are documented with* description

requirements *are documented with* date

requirements *are documented with* responsible

requirements *are documented with* observations

En este otro caso, el número de términos en cada una de las reglas varía aunque también estarían en esta categoría si los términos hubieran sido diferentes.

Similares con diferencias apreciables

Este grupo se caracteriza por tener porcentajes de similitud cercanos al 35% a nivel léxico para los términos, de aproximadamente el 40% a nivel léxico para los tipos de hecho y porcentajes ligeramente inferiores al 60% a nivel sintáctico y semántico. En la tabla

siguiente tabla se recogen además de los correspondientes a los mínimos y máximos las de las medias y medianas.

Valor	Léxico-Términos	Léxico-Tipos	Sintáctico-Reglas	Semántico-Reglas
Media	32,41%	37,95%	51,45%	56,98%
Mediana	33,33%	41,66%	58,33%	61,11%
Min	0%	16,60%	28,57%	33,33%
Max	66,66%	50,00%	66,66%	66,66%

Tabla 5-15: Valores estadísticos para el grupo *similares con diferencias apreciables*

Si comparamos estos datos con los del grupo *similares con diferencias pequeñas*, se observa cómo todos los valores de los términos estadísticos han disminuido: casi 20 puntos el análisis sintáctico de las reglas en la media; más de 10 puntos el análisis semántico de las reglas y léxico para los tipos de hecho en la media; más de 15 puntos el análisis léxico para los términos en la media; todos los valores mínimos han bajado, al menos, 20 puntos mientras que todos los valores máximos han disminuido también por lo menos 10 puntos.

Como ejemplo de este grupo, sea la comparación entre las dos reglas siguientes:

ECMM

- The review of the project plan with stakeholders is periodically

project plan has review

The noun concept 'project plan' is a role that ranges over the noun concept 'plan'

The noun concept 'stakeholders' is a role that ranges over the noun concept 'party'

The noun concept 'stakeholders' is a facet of the noun concept 'member'

review is periodically or every week or every month

CMMI

- The project plan is reviewed periodically

project plan is reviewed

The noun concept 'project plan' is a role that ranges over the noun concept 'plan'

review is periodically or every week or every month

Este caso resulta sustancialmente distinto. Hay diferencias apreciables en ambas reglas tanto por los elementos como por el contenido de los mismos. A pesar de esto, el proceso de comparación lo clasifica como *similares*, al igual que ocurre con estas otras dos reglas:

ECMM

- The available resources are reflected in the project plan

available resources are reflected in project plan

The noun concept 'project plan' is a role that ranges over the noun concept 'plan'

The noun concept 'available resources' is a category of the noun concept 'resources'

CMMI

- The available and estimated resources are reconciled in the project plan

available resources are reconciled in project plan

estimated resources are reconciled in project plan

The noun concept 'available resources' is a category of the noun concept 'resources'

The noun concept 'estimated resources' is a category of the noun concept 'resources'

The noun concept 'project plan' is a role that ranges over the noun concept 'plan'

El verbo es diferente e inclusive dos de los términos aunque gracias a los hechos relacionados posteriormente se encuentran similitudes a nivel semántico.

Sean dos reglas de esta categoría.

ECMM

- The results of measurement data are communicated to relevant stakeholders of collaborative enterprises

measurement data has results

results are communicated to relevant stakeholders

collaborative enterprises has relevant stakeholders

The noun concept 'measurement data' is a category of the noun concept 'data'

The noun concept 'relevant stakeholders' is a role that ranges over the noun concept 'stakeholders'

The noun concept 'collaborative enterprises' is a role that ranges over the noun concept 'enterprises'

CMMI

- The initial results of measurement data are reviewed with stakeholders

measurement data has initial results

results are reviewed with relevant stakeholders

The noun concept 'initial results' is a role that ranges over the noun concept 'results'

The noun concept 'measurement data' is a category of the noun concept 'data'

The noun concept 'stakeholders' is a facet of the noun concept 'member'

Distintas

En este grupo los porcentajes son inferiores al 40% en todos los niveles. Por lo que todas las reglas en él se consideran distintas o *no similares*.

Sin embargo, si se da el caso de comparaciones de reglas que, por ejemplo, a nivel semántico cuentan con un 30% pero a nivel sintáctico y léxico su valor es del 60% no pertenecerían a este grupo.

Dos reglas que se englobarían dentro de la categoría de distintas o *no similares*, son las siguientes:

ECMM

- The content of configuration is managed when a change in the requirements occurs

configuration has content

content is managed

change in requirements occurs

The noun concept 'configuration' is a role that ranges over the noun concept 'configuration management'

The noun concept 'change' is a role that ranges over the noun concept 'modification'

CMMI

- The configuration management actions are recorded in sufficient detail so the status

of each configuration item is known

configuration management actions are recorded in sufficient detail

sufficient detail so status

configuration item has status

status is known

The noun concept 'configuration management actions' is a role that ranges over the noun concept 'actions'

The noun concept 'sufficient detail' is a role that ranges over the noun concept 'detail'

The noun concept 'configurations item' is a category of the noun concept 'item'

5.3.3 Conclusiones

La fiabilidad del resultado del proceso de comparación de los vocabularios está influida por el grado de complejidad de los datos de la investigación. Dicho grado de complejidad está reflejado en el análisis realizado.

Por otro lado, una vez fijados los factores correctivos y puntuaciones asignadas al contenido de los elementos que forman un árbol de sintaxis abstracta, al aplicarlos al proceso de comparación entre vocabularios basados en el estándar SBVR se demuestra la validez del mismo.

Por otro lado, esto resalta el papel del proceso de comparación como medio de evolución del modelo dinámico de colaboración a través de las múltiples coincidencias entre vocabularios SBVR de diferentes escenarios colaborativos. La coincidencia o no depende del grupo al cual pertenezcan las reglas comparadas demostrando de este modo la filosofía de dinamismo del modelo de colaboración.

6.1 Consecución de los Objetivos

En el capítulo 1 están enunciados los objetivos de este trabajo de investigación. Uno de ellos es el relacionado con la definición de un modelo dinámico de colaboración a través de un lenguaje de representación de reglas de negocio y otro con la implementación de un proceso de comparación de reglas de negocio a través de un generador de analizadores léxicos, sintácticos y semánticos que posibilite la evolución del modelo dinámico a través del tiempo.

Con el fin de cubrir las carencias destacadas en los modelos de colaboración existentes, en este trabajo de tesis he planteado un enfoque donde las organizaciones definen sus buenas prácticas o experiencias exitosas con un lenguaje de reglas de negocio. El punto de partida lo compone la definición y representación de una estructura con los elementos del modelo dinámico de colaboración basada en tres factores: sector, tamaño y rol (Figura 6-1).

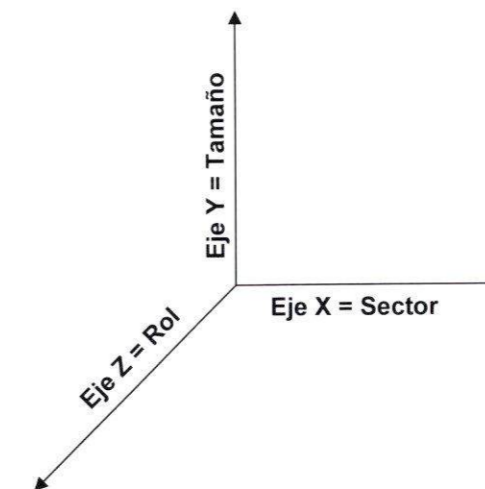


Figura 6-1: Eje de coordenadas del modelo dinámico

Estos factores se representan por los eje de coordenadas X, Y, Z y en ellos de manera unívoca las áreas de proceso involucradas en una colaboración entre organizaciones mientras que una malla también imaginaria une estas áreas de proceso para describir gráficamente cuales participan en la cooperación. Además, se determinan las fases posibles dentro del ciclo de vida de la colaboración así como los tipos de cooperaciones empresariales: cadena de suministro, alianza estratégica, Unión Temporal de Empresas (U.T.E.), etc.

Con esta estructura se consigue definir los componentes que posteriormente serán implementados a través de las reglas SBVR.

Para la validación de esta parte, la empresa DATINET ha definido las colaboraciones empresariales en las que ha participado con otras organizaciones de diferentes tamaños y sectores en los siguientes escenarios: U.T.E., subcontratación, apertura de sedes fuera del País Vasco, alianzas estratégicas como partner y alianzas estratégicas con empresas del sector. Además, también se han utilizado las áreas de proceso del Nivel 2 del modelo de madurez ECMM para completar el *cómo* de las experiencias reales con los *qués* de una red empresarial. Así, se tiene un punto de origen con un determinado contenido que podrá ser evolucionado mediante el proceso de comparación. De los resultados de esta validación experimental se concluye que mi modelo dinámico de colaboración ofrece un marco flexible y adaptativo de definición para las organizaciones que colaboran ya que su estructura contempla los distintos escenarios cooperativos y permite definir con el estándar SBVR cualquier proceso colaborativo que las propias organizaciones consideren de interés, independientemente del tamaño, sector o rol. Este contexto difiere de los clásicos modelos de madurez del mercado actual ya que complementa las implementaciones de los escenarios de cooperación con las buenas prácticas de un modelo mejora continua, lo cual repercute en una visión más completa para las organizaciones que cooperan.

Una vez establecida la base del modelo, he desarrollado un generador de analizadores léxicos, sintácticos y semánticos con la herramienta ANTLR para interpretar las reglas de negocio escritas mediante el estándar SBVR. El analizador léxico interpreta todas las palabras clave definidas en la especificación SBVR de la OMG; el analizador sintáctico construye el primer árbol de sintaxis abstracta (AST) con la descomposición en estructura arbórea y jerárquica de los *tokens* identificados en la etapa anterior y el analizador semántico genera un último árbol de sintaxis abstracta con las equivalencias semánticas descritas en la especificación SBVR y los hechos relacionados. El proceso de comparación de reglas es la comparación entre árboles de sintaxis abstracta en base a tres reglas algebraicas que indican cómo comparar dos ontologías bajo la perspectiva léxica, sintáctica y semántica. De los resultados del proceso de comparación he obtenido un porcentaje de similitud léxico, sintáctico y semántico de los vocabularios SBVR que representan las experiencias colaborativas de las organizaciones.

Para la validación de este proceso, he comparado los vocabularios SBVR correspondientes a las áreas de proceso de los Niveles 2 de ECMM y CMMI formados por 109 reglas, 256 tipos de hecho, 226 hechos relacionados, 158 términos y 127 reglas, 290 tipos de hecho, 213 hechos relacionados, 332 términos respectivamente. Al analizar los resultados se observa un determinado patrón repetitivo que permite categorizar la comparación de reglas en cuatro grupos: prácticamente iguales, similares con diferencias pequeñas, similares con diferencias apreciables y distintas, con unas características porcentuales a

nivel léxico, sintáctico y semántico diferenciales entre ellos. La clasificación en diferentes grupos de similitud, el tamaño de la muestra observada durante la investigación al igual que su complejidad, confirman los puntos fuertes del proceso de comparación de este trabajo de tesis.

Finalmente, destacar que he desarrollado un sistema de información basado en ANTLR que implementa el proceso de comparación y facilita la interpretación del estándar SBVR gracias a los analizadores léxico, sintáctico y semántico. Así mismo, se ha demostrado que la aplicación de las fórmulas algebraicas en el contexto del estándar SBVR también es válida.

En consecuencia se ha cumplido el objetivo general de “dotar a las organizaciones de los mecanismos necesarios para contribuir a la creación y evolución de un modelo de colaboración a través de un lenguaje de representación de reglas de negocio”, y con ello se ratifica la hipótesis planteada; hipótesis que se enmarca dentro del contexto de red social aplicada al negocio colaborativo. Mi modelo de colaboración sirve de medio para que las aportaciones exitosas de la industria sean compartidas y mejoradas a lo largo del tiempo; su aplicabilidad se basa en la compartición de conocimiento, y por tanto aporta los siguientes beneficios:

- *Aprender de otras experiencias.* Las organizaciones pueden beneficiarse del conocimiento adquirido en experiencias colaborativas de otras empresas.
- *Mejorar los procesos de colaboración.* El modelo aportado está orientado a la mejora de buenas prácticas colaborativas entre diferentes organizaciones no solo en lo que se debe realizar, sino también en cómo se debe implantar.
- *Establecer nuevas colaboraciones.* La exposición de cómo se colabora en determinados contextos facilita que las organizaciones con formas de trabajar parecidas y que nunca han colaborado, se planteen nuevas iniciativas conjuntamente.
- *Evolucionar con el tiempo.* Este nuevo modelo dinámico está compuesto por aquellas buenas prácticas colaborativas que más están extendidas en la industria debido a las similitudes encontradas en el proceso de comparación. Así, lo que en un determinado momento es considerado como buena práctica, puede que en un futuro no lo sea ya que hay otras experiencias colaborativas que tienen mayores coincidencias y, por lo tanto, sustituyan a las anteriores dentro del modelo como referencia. Por lo tanto, mi modelo evoluciona en función de las aportaciones y no se mantiene estático.

Durante el desarrollo de este trabajo de tesis doctoral he contrastado los resultados parciales con la comunidad científica en diversos congresos internacionales:

- [MAO+09], este trabajo presenta la estructura del modelo de madurez orientado a la colaboración ECMM basada en niveles de madurez, áreas de proceso, objetivos,

prácticas y subprácticas. De este modo, se enuncian los siete dominios en los que se basará el modelo además de agrupar las veinticuatro áreas de proceso en sus respectivos niveles de madurez. También se describe el contexto en el cual surge la necesidad de definir un modelo orientado a la colaboración e interoperabilidad empresarial.

- [AMO+10], esta publicación describe en detalle todos los dominios y áreas de proceso que componen el modelo de madurez ECMM. Además, el artículo compara el modelo con otros ya existentes en otros dominios en la industria y finaliza con un análisis del método de evaluación que se aplicaría a las redes empresariales que quisieran certificarse en algunos de sus niveles de madurez (escalonado) o áreas de proceso (continuo).
- [ML10], este artículo incluye cómo emplear reglas de negocio basadas en el estándar SBVR para definir un área de proceso del modelo de madurez orientado a la colaboración ECMM. Se introduce la posibilidad de establecer colaboraciones empresariales entre organizaciones que cumplan dicha área de proceso en caso de disponer de un mecanismo de comparación de reglas SBVR.
- [MLE11], esta publicación describe de manera detallada el proceso de comparación de reglas de negocio basadas en SBVR a través del desarrollo del generador de analizadores léxico, sintáctico y semántico basado en la herramienta ANTLR. Se analiza para cada una de las fases del proceso los árboles de sintaxis abstracta generados así como la implementación de los algoritmos algebraicos empleados en los distintos niveles de comparación.

A pesar de la bondad de este modelo dinámico de colaboración su implementación presenta algunos puntos débiles. En primer lugar, resulta complicado para el personal de las organizaciones escribir reglas de negocio con SBVR de acuerdo a una estructura determinada que favorezca una posterior comparación. Si bien, en este trabajo de tesis se dan recomendaciones, resultado del análisis de las reglas, que ayudan a resolver en parte este problema.

En segundo lugar, las comparaciones semánticas de los árboles de sintaxis abstracta se basan en las definidas dentro del estándar SBVR y en la escritura de hechos relacionados que enriquecen este tipo de comparación. Por lo tanto, el nivel semántico es dependiente de la propia especificación y de cómo se escriban las reglas de negocio aunque esta variabilidad quede limitada con un mayor conocimiento del estándar y con la definición en profundidad de los hechos relacionados.

Por último, para que el modelo dinámico pueda crecer y evolucionar es necesario definir las reglas teniendo en cuenta las características de la definición de procesos así como sus implementaciones. Este punto depende de la cultura de procesos de la empresa aunque también es cierto que cada vez está más extendida en la industria la adopción de metodologías de mejora de procesos a través de sistemas de calidad.

6.2 Futuras Líneas de Investigación

Los puntos débiles mencionados dejan abiertas algunas líneas de investigación, aunque también surgen otras interesantes como son:

La primera de ellas está relacionada con las transformaciones y las relaciones de SBVR con otros estándares de la industria. En esta tesis he trabajado en la creación de árboles de sintaxis abstracta dentro de un generador de analizadores pero no se ha considerado como un fin en sí mismo su relación con otros metamodelos. Aún así, el proceso de comparación entre reglas de negocio de esta tesis doctoral se basa en reglas algebraicas que comparan ontologías y la propia especificación SBVR tiene un apartado dedicado a la relación entre SBVR y el lenguaje OWL (Web Ontology Language).

En relación con las transformaciones SBVR, hay investigaciones en curso como la de Karpovic y Nemuraite [KN11], donde se describen los principales conceptos y problemas de transformar SBVR a OWL2, y la de Koehler [Koe11], donde se presenta un caso de estudio en el área del pago electrónico con el objeto de interaccionar procesos y reglas de negocio a través de los estándares BPMN y SBVR respectivamente.

También está el tema de cómo enfocar el problema de acceso a conceptos relevantes para los modelos de negocio y los sistemas de información que los soportan. En este sentido, hay investigaciones como la de Sukys [SNS+11] que enfocan la búsqueda de ontologías OWL utilizando SBVR como medio para que expertos en negocio sin un nivel tecnológico profundo pueden capturar rápidamente este conocimiento. Un trabajo interesante sería aplicar este enfoque a la búsqueda e interacción de la implementación del modelo dinámico de colaboración de esta tesis doctoral.

Por otro lado, otra posible línea de investigación futura sería estudiar cómo establecer mecanismos para que los modelos no SBVR se pudieran añadir al modelo dinámico de colaboración aportado. En el capítulo 4 de la tesis he descrito algunas pautas que ayudan a escribir las reglas SBVR para el modelo dinámico de colaboración pero se podría profundizar más en este tema y relacionarlo con transformaciones entre reglas. En este sentido, Oltsik [Olt11] y Van Buren [Van11] han presentado sendos modelos de madurez: el primero orientado a la seguridad de las infraestructuras TI y el segundo focalizado en ofrecer un punto de vista holístico de la herramienta SharePoint con el objetivo de aprovechar al máximo sus posibilidades.

Para finalizar, el proceso de comparación de reglas SBVR podría completarse para que ayudara en la construcción de plataformas Cloud Computing ya que los sistemas BPM/SOA son clave en esta concepción, línea en la que la OMG está trabajando, tal y como describe Soley [Sol11].

- [Acc11] Accent Compiler Compiler. <http://accent.compilertools.net/>. Octubre 2011.
- [ALM+ 99] Avison, D.E.; Lau, F.; Myers, M.; Nielsen, A.: "Action Research", *Communications of the ACM Press*, vol. 42, pp. 94-97, Nueva York, USA, 1999.
- [AMM09] Alloca, C.; Mathieu, A.; Motta, E.: DOOR: "Towards a Formalization of Ontology Relations", 2009.
- [AMO+10] Alonso J.; Martínez de Soria, I.; Orue-Echevarria, L.; Vergara M.: "Enterprise Collaboration Maturity Model (ECMM): Preliminary Definition and Future Challenges", Proceedings of the Fourth International Conference on Interoperability for Enterprise Software & Applications, Coventry, United Kingdom, 13-15 April, 2010.
- [Ath07] ATHENA (*Advanced Technologies for interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their Applications*), Integrated Project, IST-507849, V Programa Marco, 2004-2007.
- [Awg98] Architectures Working Group: "Levels of Information Systems Interoperability (LISI)", 30 March 1998.
- [BAB+11] Becker, C.; Antunes, G.; Barateiro, J.; Vieira, R.: "A Capability Model for Digital Preservation. Analyzing Concerns, Drivers, Constraints, Capabilities and Maturities", iPRES2011, National Library Board Singapore & Nanyang University.
- [Bas00] Basili V.R.: "Using Experiments to Build a Body of Knowledge", 7th European Workshop on Software Process Technology (EWSPT 2000), Salzburg, Austria.
- [BDG+05] Boley, H.; Dean, M.; Grosf, B.; Kifer, M.; Tabet, S.; Wagner, G.: "RuleML Position Statement", W3C Workshop on Rule Languages for Interoperability Position Paper, 27-28 April 2005.
- [BGT05] Boley, H.; Grosf, B.; Tabet, S.: "RuleML Tutorial", Mayo 2005.
- [BK05] Boley, H.; Kifer, M.: "The Rule Interchange Format: An Interim Report", 2005.
- [BLB11] Bajwa, I.S.; Lee, M.G.; Bordbar, B.: "SBVR Business Rules Generation from Natural Language Specification", Artificial Intelligence for Business Agility – Paper from the AAAI 2011 Symposium.
- [BLM92] Brown, D.; Levine, J.; Manson, T.: "lex y yacc", O'Reilly Media, October 1992.
- [BR01] Boudreau, J.W.; Ramstad, P.M.: "Using Research Models as Practical Decision Guides: Necessary and Sufficient Conditions as a Bridge Between Science and Practice in HRM". Presented at the National meeting of the Academy of Management, San Diego, August, 2001.

- [Brm00] Business Rules Markup Language (BRML). "Technology Reports, Coverpages". Disponible en <http://xml.coverpages.org/brml.html>.
- [Buk10] Bukhsh, F.A.: "Enhanced IcoNos Maturity Model", University of Twente, August 2010.
- [Bus11] <http://www.businesswire.com/news/home/20110714005194/en/IDCs-Social-Business-Maturity-Model-Outlines-Stages>, July 2011.
- [Byr10] Byron, D.: "Understanding the Benefits of Business Rules Management Software in an Open Source Ecosystem", Jboss #2637767_0610, 2010.
- [Cam11] Camarinha-Matos, L.M.: "Collaborative Networks: Overview and success cases", New University of Lisbon, VE-Lecture #2, February 2011.
- [Car10a] Carnegie Mellon, Software Engineering Institute, CMMI Product Team, "CMMI® for Development, Version 1.3", (November 2010).
- [Car10b] Carnegie Mellon, Software Engineering Institute, CMMI Product Team, "CMMI® for Acquisition, Version 1.3", (November 2010).
- [Car10c] Carnegie Mellon, Software Engineering Institute, CMMI Product Team, "CMMI® for Services, Version 1.3", (November 2010).
- [CJ99] Clark, T.; Jones, R.: "Organisational Interoperability Maturity Model for C2", 1999.
- [Coi11] COIN (Enterprise Collaboration & Interoperability), Integrated Project, IST-216256, VII Programa Marco, 2008-2011. <http://www.coin-ip.eu/>
- [CW11] Chuah, M.; Wong, K.: "A review of business intelligence and its maturity models", African Journal of Business Management Vol. 5(9), pp. 3424-3428, 4 May, 2011
- [DAM10] D'Aquin, M.; Alloca, C.; Motta, E.: "A Platform for Semantic Web Studies", The Open University's repository of research publications and other research outputs, 2010.
- [DFA+98] Dix, A.; Finlay, G.; Abowd, G.; Beale, R.: "Empirical Methods: Experimental Evaluation", Prentice Hall, 1998.
- [DS10] Donelli, C.; Stallman R.: "Bison: The Yacc-compatible Parser Generator", 2010.
- [Dym98] Dymond, K.M.: "A Guide to the CMM", 1998.
- [Eco06] ECOLEAD IP Project (506958). "D52.2 - Rough Referente Model for Collaborative Networks", March 2006.
- [Ekt11] Ektron, Inc: "The Ektron Maturity Model", 2011.

- [EP01] Estay, C.; Pastor, J.: "Un Modelo de Madurez para Investigación-Acción en Sistemas de Información", VI Jornadas de Ingeniería del Software y Bases de Datos, Ciudad Real, España, 2001.
- [EP00a] Estay, C.; Pastor, J.: "Improving Action Research in Information Systems with Project Management", Americas Conference on Information Systems (AMCIS), Long Beach, California, 2000.
- [EP00b] Estay, C.; Pastor, J.: "Towards a Project Structure for Action-Research in Information Systems", 10th Annual Business and Information Technology Conference (BTI), Manchester, UK, 2000.
- [Ezp05] Ezpeleta, J.: "FLEX: Un generador de analizadores léxicos", 2005.
- [FB96] French, W.L.; Bell, C.H.: "Desarrollo organizacional. Aportaciones de las ciencias del comportamiento de la organización", 1996.
- [Fin10] Fingar, P.: "Social Networks, Innovation and the MITH Myth", A BPTrends Column, February 2010.
- [FTW11] Fauscette, M.; Traudt, E.; Wardley, M.: "Social Business Maturity Model", Doc# 229292, 2011.
- [Gao04] U.S. Government Accountability Office's (GAO): "Information Technology Investment Management Overview", 2004.
- [Gar03] García, E.J.: "Guía Práctica de ANTLR 2.7.2", E.T.S. de Ingeniería Informática de la Universidad de Sevilla, Septiembre 2003.
- [Guz01] Guzmán, J.: "Spirit Parser Compiler", Versión 1.2, <http://spirit.sourceforge.net/>, November 2001.
- [GVR02] Glass, R.; Vessey, I.; Ramesh, V.: "Research in Software Engineering: an Analysis to the Literature", Information and Software Technology, vol. 44, pp. 491-506, 2002.
- [HPB+03] Horrocks, P.; Patel-Schneider, F.; Boley, H.; Tabet, S.; Grosf, B.; Dean, M.: "SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML", 2003.
- [Idc10] IDC: "Determining the Value of Social Business ROI: Myths, Facts and Potentially High Returns", #225497, Noviembre 2010.
- [Jav11] Java Compiler Compiler (JavaCC) – The Java Parser Generator: <http://javacc.java.net/>, 2011.
- [Joh74] Johnson, C. S.: "YACC-Yet Another Compiler-Compiler", Bell Laboratories, Murray Hill, New Jersey, 07/09/1974.
- [KGS10] Kamada, A.; Governatori, G.; Sadiq, S.: "SBVR based Business Contract and Business Rule IDE" RuleML-2010 Challenge, at the 4th International Web Rule Symposium.

- [Kha09] Khan, R.N.: "Social Networking and BPM of the Future", A BPTrends Column, September 2009.
- [KN11a] Karpovic, J.; Nemuraite, L.: "Transforming Sbr Business Semantics Into Web Ontology Language OWL2: Main Concepts", Proceedings of the 17th International Conference on Information and Software Technologies, 2011.
- [KN11b] Keane and NTT Data Company: "Outsourcing & the Capability Maturity Model (CMM). Using the CMM in selecting Application Outsourcing Service Providers", 2011.
- [KN92] Kaplan, R.S.; Norton D.P.: "The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance", Harvard Business, 1992.
- [Koe11] Koehler, J.: "The Process-Rule Continuum – Can BPM & SBVR Cope with the Challenge?", Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Evolutionary Computation, 2011.
- [LCG+08] Li, M.; Crave, S.; Grilo, A.; Van den Berg, R.: "Unleashing the Potential of the European Knowledge Economy: Value Proposition Enterprise Interoperability", European Commission, Directorate General Information Society, 2008.
- [Lem11] The Lemon Parser Generator. <http://www.hwaci.com/sw/lemon/lemon.html>, Octubre 2011.
- [Lin07] Linehan, M.H.: "Ontologies and Rules in Business Models", Presented at VORTE workshop: Vocabularies, Ontologies and Rules for the Enterprise; EDOC 2007, The Enterprise Computing Conference, Annapolis MD, October.
- [LS78] Lesk, M.E.; Schmidt, E.: "Lex - A Lexical Analyzer", Bell Laboratories, 1978.
- [Lue02] Luengo, C.M.: "Desarrollo y evaluación de técnicas de construcción de Procesadores de Lenguaje para Máquinas Abstractas Orientadas a Objetos", Tesis Doctoral, Departamento de Informática, Universidad de Oviedo, Febrero 2002.
- [MAO+09] Martínez de Soria, I., Alonso J., Orue-Echevarria, L., Vergara M.: "Developing an Enterprise Collaboration Maturity Model: Research Challenges and Future Directions", Proceedings of the Fifteenth International Conference on Concurrent Enterprising, Leiden, The Netherlands, 22-24 June, 2009.
- [Mar10] Martínez, J.L.: "Introduciendo Semántica en un Proceso de Desarrollo Software a través de Reglas de Negocio", Universidad Politécnica de Madrid, 2010.
- [MIK07] Muehlen, M.Z.; Indulska, M.; Kamp, G.: "Business Process and Business Rule Modeling Languages for Compliance Management: A Representation Analysis", Twenty-Sixth International Conference on Conceptual Modeling - ER 2007.

- [MLE11] Martínez de Soria, I., Larrucea, X., Esteban N.: "Lexical, Syntactic and Semantic Comparison of Business Vocabulary and Rules", Proceedings of the Third International IFIP Working Conference on Enterprise Interoperability, Stockholm, Sweden, 23-24 March, 2011.
- [ML10] Martínez de Soria, I., Larrucea, X.: "Business Innovation Network Based On Business Rules Of An ECMM Open Innovation Process Area", Proceedings of the First Multi-Conference on Innovative Developments in ICT, Athens, Greece, 29-31 July.
- [Mom11] White Paper: "Platform Engineering Maturity Model. A Roadmap to Enterprise Platform Services", 02/15/2011.
- [Moo00] Moody D.L.: "Building Links Between IS Research and Professional Practice: Improving the Relevance and Impact of IS Research", International Conference on Information Systems (ICIS'00), R.A. Weber and B. Glasson (eds.), Brisbane, Australia, December 11-13.
- [Muñ07] Muñoz A.: "Análisis de Modelos de Interoperabilidad entre Administraciones Públicas a Nivel Europeo", Diciembre 2007.
- [Mye97] Myers M. D.: "Qualitative Research in Information Systems", MIS Quarterly (21:2), June 1997.
- [OE11] Object Management Group, EDM Council: "Financial Industry Business Ontology (FIBO)", Monthly Status/review call, September 2011.
- [Olt11] Oltsik, J.: "The ESG Information Security Management Maturity Model", White Paper, July, 2011.
- [Omg07] Object Management Group, Production Rule Representation (PRR), Beta 1, 2007.
- [Omg89] Object Management Group: <http://www.omg.org>. 1989.
- [Opr05] OMG Production Rule Representation: "Context and Current Status", March, 2005.
- [Par07] Parr, T.: "The Definitive ANTLR Reference: Building Domain-Specific Languages", May, 2007.
- [Pax95] Paxson, V.: "Flex, version 2.5. Un generador de analizadores léxicos rápidos". Edición 2.5, Abril 1995.
- [PCS08] Psarras, J.; Charalabidis, Y.; Sarantis D.: "Towards Standardising Interoperability Levels for Information Systems of Public Administrations", Electronic Journal for Emerging Tools and Applications (eJETA), 2008.
- [Per08] Pérez, G.J.: "Compiladores e intérpretes. Una introducción al generador JavaCC", Universidad Politécnica de Madrid, Octubre 2008.
- [Pmb00] PMBOK: "A Guide to the Project Management Body of Knowledge", USA, 2000.

- [Phi98] Philips P.A.: "Disseminating and Applying the Best Evidence", Medical Journal of Australia (MJA, vol. 168, pp. 260-261, 1998).
- [Ros03] Ross, R.G.: "Principles of the business rule approach", Addison Wesley, January 2003.
- [Ros11] Ross, R.G.: "Business Rules vs System Design Choices", A BPTrends Column, May 2011.
- [Sai10] Sainte, C.: "Rules on the Web", IBM Software Group, WebSphere Software, 2010.
- [San09] Santana, R.: "ICoNOs MM: The IT-Enabled Collaborative Networked Organizations Maturity Model", IFIP-International Federation for Information Processing, 2009.
- [Sbv08] OMG (Object Management Group): "Semantics of Business Vocabulary and Business Rules (SBVR)", v1.0, January, 2008.
- [Sei95] Software Engineering Institute (SEI): "The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process", 1995.
- [SGB04] Straub D.; Gefen D.; Boudreau C.M.: "The ISWorld Quantitative", Positivist Research Methods Website, 2004.
- [SKG06] Santanen, E.; Kolfshoten, G.; Golla K.: "The Collaboration Engineering Maturity Model". Proceedings of the 39th Hawaii International Conference on System Sciences, 2006.
- [SNS+11] Sukys, A.; Nemuraite, L.; Sinkevicius, E.; Paradauskas, B.: "Querying Ontologies on the base of Semantics of Business Vocabularies and Business Rules", Proceedings of the 17th International Conference on Information and Software Technologies, 2011.
- [Sol11] Soley, R.M.: "SOA, BPM & Cloud Computing What Comes Next?", Object Management Group, January 2011.
- [Spi11] Spies, M.: "Governance, Risk and Compliance Management for Cloud Services – The Semantic Technology Perspective", Semantic Days, 2011.
- [SRA+11] Stagers, N.; Rodney, M.; Alafaireet, P.; Backman, C.; Bochinski, J.; Schumacher, B.; Xiao, Y.: "Promoting Usability in Health Organizations: Initial Steps and Progress Toward a Healthcare Usability Maturity Model", Healthcare Information and Management Systems Society, 2011.
- [ST07] Sainte, C.; Taylor, J.: "Production Rule Standards. OMG PRR Presentation", June 2007.
- [TK01] Thorpe, M.; Ke, C.: "Simple Rule Markup Language (SRML): A General XML Rule Representation for Forward-chaining Rules", 2001.

- [TR01] Thorpe, J.; Raden, N.: "Smart Enough Systems: How to Deliver Competitive Advantage by Automating Hidden Decisions", 2001.
- [Van11] Van Buren, S.: "The SharePoint Maturity Model", SharePoint Saturday Boston, 9 April, 2011.
- [Wad98] Wadsworth, Y.: "What is participatory Action Research?", Action Research International, 1998.
- [Yat11] Yates, M.: "Putting public IT in context: the Smart Government Maturity Model", IDC Government Insights CEE, November 2011.
- [Zie03] Ziegler, V.: "The Accent Compiler Compiler. A compiler compiler for the entire class of context-free languages", July 2003.

Término	Descripción
ANTLR	ANother Tool for Language Recognition, herramienta para el reconocimiento del lenguaje
ARC	Appraisal Requirements for CMMI, evaluación de requisitos para CMMI
AST	Abstract Syntax Tree, árbol de sintaxis abstracta
BISON	Generador de analizadores sintáctico que es una evolución de YACC
BRML	Business Rule Markup Language, lenguaje de marcado para reglas de negocio
CEMM	Collaboration Engineering Maturity Model, modelo de madurez para la colaboración en ingeniería
CMM	Capability Maturity Model, modelo de madurez de capacidades
CMMI	Capability Maturity Model Integration, integración de modelos de madurez de capacidades
CMMI-ACQ	CMMI for Acquisition, CMMI para adquisiciones
CMMI-DEV	CMMI for Development, CMMI para desarrollo
CMMI-SVC	CMMI for Services, CMMI para servicios
CNO	Collaborative Network Organization, organización en red colaborativa
DTD	Document type definition, definición de tipo de documento
EBNF	Extended Backus-Naur Form, lenguaje extendido de BNF para construir gramáticas
ECMM	Enterprise Collaboration Maturity Model, modelo de madurez para la colaboración empresarial
EIMM	Enterprise Interoperability Maturity Model, modelo de madurez para la interoperabilidad empresarial
FLEX	Fast LEXical analysis, evolución del analizador LEX
FSF	Free Software Foundation, fundación de software libre
GIMM	Government Interoperability Maturity Matrix, matriz de madurez para la interoperabilidad en el gobierno
ICoNOs	IT-Enabled Collaborative Network Organizations, organizaciones en red colaborativas a través de tecnologías de la información
IDC	International Data Corporation, prestigiosa compañía internacional de estudios estadísticos
ISO	International Organization for Standardization, organización internacional para la estandarización
ISO/IEC	International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission, organización internacional para la estandarización/commission internacional electrotécnica
ITIM	Information Technology Investment Management, gestión de la inversión en tecnologías de la información
KPA	Key Process Area, áreas de proceso clave
LEX	Programa para generar analizadores léxicos
LISI	Levels of Information System Interoperability, niveles de interoperabilidad de sistemas de información
LRM	LISI Reference Model, modelo de referencia LISI
MDA	Model Driven Architecture, arquitectura dirigida por modelos
MOF	Meta-Object Facility, estándar del grupo OMG para la especificación de modelos
OCL	Object Constraints Language, lenguaje para definición de restricciones propio de UML
ODM	Ontology Definition Metamodel, metamodelo de definición de ontologías
OIMM	Organizational Interoperability Maturity Model, modelo de madurez para la interoperabilidad organizacional
OMG	Object Management Group, grupo de estandarización

OMG PRR	Production Rules Representation de la OMG para la representación de reglas de producción
OWL	Ontology Web Language, lenguaje de ontologías en Web
PAID	Procedures, Application, Infraestructure, Data, procedimientos, aplicación, infraestructura, datos
PCCTS	Purdue Compiler Construction Tool Set, conjunto de herramientas de construcción de compiladores
PIM	Platform Independent Model, modelo independiente de plataforma
POSIX	Portable Operating System Interface for Unix, interface de sistema operativo portable para UNIX
PSM	Platform Specific Model, modelo específico para la plataforma de arquitectura MDA
RDF	Resource Definition Framework, lenguaje para la especificación y modelado de información disponible a través de recursos Web
RFP	Request for Proposals, peticiones de propuestas
RIF	Rules Interchange Format, formato para el intercambio de reglas
RIF BLD	Basic Logic Dialect, dialecto del lenguaje RIF para el intercambio entre sistemas
RIF DTB	Data Types and Builtins, describe los tipos de datos y funciones predefinidas del lenguaje RIF
RIF FLD	Framework Logic Dialects, dialecto del lenguaje RIF para la presentación formal sintáctica
RIF PRD	Production Rules Dialect, dialecto del lenguaje RIF para representar reglas de producción
RIF UCR	Use Case Requirements, describe los casos de uso y requisitos exigidos a RIF
RuleML	Rule Markup Language, lenguaje de marcado de reglas
SBVR	Siglas de la expresión Semantic Business Vocabulary and Rules, lenguaje estándar para el vocabulario y reglas de negocio adoptado por el grupo OMG
SA	Strategic Alliance, alianza estratégica
SC	Supply Chain, cadena de suministro
SCAMPI	Appraisal Method for Process Improvement, método de evaluación para la mejora de procesos
SEI	Software Engineering Institute, el instituto de ingeniería del software
SPICE	Software Process Improvement and Capability Determination, mejora de procesos software y determinación de la capacidad
SQL	Structured Query Language, lenguaje declarativo de acceso a base de datos
SRML	Simple Rule Markup Language, lenguaje de marcado para reglas simples
SWRL	Semantic Web Rules Language, lenguaje estándar para la especificación de reglas de negocio en entornos Web
TIC	Tecnologías de la Información y Comunicación
UML	Unified Modeling Language, lenguaje unificado de modelado
UNIX	Sistema operativo portable, multitarea y multiusuario
UTE	Unión Temporal de Empresas
W3C	Nombre del consorcio dedicado a la estandarización de lenguajes relacionados con la Web
XMI	XML Metadata Interchange, lenguaje de especificación de modelos basados en UML que facilita el intercambio entre herramientas
XML	eXtended Markup Language, lenguaje de marcado extendido para la representación de información independientemente de su presentación Web
XSLT	Extensible Stylesheet Language Transformation, estándar de la W3C que presenta una forma de transformar documentos XML
YACC	Generador de analizadores sintácticos

Anexo 1: Resumen de las Representaciones Gráficas

Imagen	Representación	Descripción
	Eje X de coordenadas	Posiciona de las áreas de proceso de una empresa en un sector determinado.
	Eje Y de coordenadas	Posiciona de las áreas de proceso de una empresa relacionadas con el tamaño de la misma.
	Eje Z de coordenadas	Posición de las áreas de proceso de una empresa con la visión de un rol determinado.
	Eje de coordenadas	Posición de las áreas de proceso teniendo en cuenta las variables: sector, tamaño y rol.
	Círculo negro	Área de proceso.
	Línea discontinua de color negro	Malla de proceso que sirve para establecer la relación entre dos áreas de proceso que se encuentran en diferente eje y son de distinta empresa.
	Línea discontinua de color rojo	Malla de proceso que sirve para establecer la relación entre dos áreas de proceso que se relacionan en el mismo sector y son de distinta empresa.
	Línea discontinua de color verde	Malla de proceso que sirve para establecer la relación entre dos áreas de proceso que se relacionan para el mismo rol y son de distinta empresa.
	Línea discontinua de color azul	Malla de proceso que sirve para establecer la relación entre dos áreas de proceso para empresas diferentes pero con tamaño similar.

Tabla A1-1: Resumen de las representaciones gráficas I











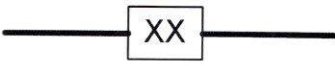
Imagen	Representación	Descripción
	Línea continua de color negro	Malla de proceso que sirve para establecer la relación entre dos áreas de proceso que se encuentran en diferente eje y son de de la misma empresa.
	Línea continua de color rojo	Malla de proceso que sirve para establecer la relación entre dos áreas de proceso que se relacionan en el mismo sector y son de la misma empresa.
	Línea continua de color verde	Malla de proceso que sirve para establecer la relación entre dos áreas de proceso que se relacionan para el mismo rol y son de la misma empresa.
	Elipse de color marrón	Representa a todas las áreas de proceso de una empresa
	Línea discontinua formada por un punto y una línea	Línea de unión entre un área de proceso y la elipse marrón que representa a la empresa.
	Trazo discontinuo formado por dos puntos y una línea	Agrupación de empresas (elipse color marrón) que comparten el mismo ciclo de vida de colaboración.
	Línea continua terminada en punta de flecha	Línea de unión entre una agrupación de empresas (trazo discontinuo) y su ciclo de vida de colaboración.
	Cuadrado de color negro	Fase del ciclo de vida de colaboración.
	Rectángulo con línea discontinua	Agrupación de las fases del ciclo de vida de colaboración.
	Línea discontinua terminada en punta de flecha	Línea de unión entre las fases del ciclo de vida de colaboración.
	Cuadrado con dos líneas gruesas en las partes laterales	Tipo de colaboración entre las empresas. Une a dos empresas (elipse de color marrón).

Tabla A1-2: Resumen de las representaciones gráficas II

Anexo 2: Reglas ANTLR del Iterador en el Analizador Semántico

```

/**
    INICIO: VOCABULARIO SBVR
*/
reglas: #(SBVR_VOCABULARY (inicioVocabularioSBVR)+) ;

inicioVocabularioSBVR: #(RULE reglaInicioRN
                        (inicioTiposHecho)+
                        (inicioHechosRelacionados)*
                        (inicioTerminos)+
                        )
                        ;

/**
    FIN: VOCABULARIO SBVR
    -----
    INICIO: REGLAS
*/
reglaInicioRN : #(QUANTIFIER_KEYWORD quantifier reglaInicioRN2) |
               #(MODAL_KEYWORD modal reglaInicioRN2) ;

reglaInicioRN2: (reglaOtroInicioRN2|reglaQuantifierInicioRN2)?
               (reglaSeleccionRN)? ;

reglaOtroInicioRN2 : #(OTHER_KEYWORD other reglaSeleccionRN) ;

reglaQuantifierInicioRN2 : #(QUANTIFIER_KEYWORD quantifier
                             reglaSeleccionRN) ;

reglaSeleccionRN : (reglaTerminoRN | reglaNombreRN | reglaAuxVerboRN) ;

// Inicio: Termino
reglaTerminoRN : #(TERM MEANING_TERM reglaSecuenciaComasRN) ;

reglaSecuenciaComasRN : (COMA reglaOtroTerminoRN2)* reglaTerminoRN2 ;

reglaOtroTerminoRN2 : (other)? MEANING_TERM ;

reglaTerminoRN2 : (logical reglaOtroTerminoRN2)? reglaTerminoRN3 ;

reglaTerminoRN3 : (other)* (reglaTerminoRN4|reglaTerminoRN5) ;

reglaTerminoRN4 : #(TERM MEANING_TERM reglaTerminoRN5) ;

reglaTerminoRN5 : #(NAME MEANING_NAME)? (reglaAuxVerboRN|reglaVerboRN)?
;
// Fin: Termino

//Inicio: Nombre
reglaNombreRN : #(NAME MEANING_NAME reglaOtroAuxVerboRN) ;
//Fin: Nombre

//Inicio: Verbo
reglaOtroAuxVerboRN : #(OTHER_KEYWORD other)?
(reglaAuxVerboRN|reglaVerboRN)?

```

```

reglaAuxVerboRN : #(AUXILIAR_KEYWORD aux reglaVerboRN) ;

reglaVerboRN : #(VERB MEANING_VERB
(reglaOtroTerminoRN|reglaInicioRN|reglaSeleccionRN|reglaLogicaOtroTermino
RN)?) ;
// Fin: Verbo

reglaOtroTerminoRN : #(OTHER_KEYWORD other reglaTerminoRN) ;

reglaLogicaOtroTerminoRN : #(LOGICAL_KEYWORD logical reglaOtroTerminoRN)
;
/**
    FIN: REGLAS
    -----
    INICIO: TIPOS DE HECHO
*/
inicioTiposHecho : #(FACT_TYPE reglaInicioTH) ;
reglaInicioTH : reglaTerminoTH (reglaSinonimosTH)* ;
reglaTerminoTH : MEANING_TERM reglaVerboTH ;
reglaVerboTH : MEANING_VERB (reglaTerminoTH2)? ;
reglaTerminoTH2 : MEANING_TERM ;
reglaSinonimosTH : #(SYNONYMOUS (reglaSecuenciaSinonimosTH)+) ;
reglaSecuenciaSinonimosTH : #(SYNONYMOUS_FORM reglaTerminoTH) ;
/**
    FIN: TIPOS DE HECHO
    -----
    INICIO: HECHOS RELACIONADOS
*/
inicioHechosRelacionados : #(RELATED_FACT reglaInicioHR) ;
reglaInicioHR : reglaAperturaHR ;
reglaAperturaHR : MEANING_RELATEDFACT reglaContenidoHR ;
reglaContenidoHR : related reglaCierreHR ;
reglaCierreHR : MEANING_RELATEDFACT (reglaTerminosIndividualesHR)* ;
reglaTerminosIndividualesHR : MEANING_RELATEDFACT ;
/**
    FIN: HECHOS RELACIONADOS
    -----
    INICIO: TERMINOS
*/
inicioTerminos : #(NOUN_CONCEPT reglaInicioTR) ;
reglaInicioTR : reglaTerminoTR ;
reglaTerminoTR : #(TERM MEANING_TERM (reglaSecuenciaSinonimosTR)?) ;
reglaSecuenciaSinonimosTR : #(SYNONYMOUS (IDENT)+) ;
/**
    FIN: TERMINOS
*/

```

Anexo 3: Ejemplo de Creación del Modelo Dinámico con SBVR

En este ANEXO describo la estructura base SBVR para la definición de un ejemplo de colaboración dentro del modelo dinámico con el objetivo de presentar cómo debería proceder una empresa para que su vocabulario SBVR cumpliera con las características del modelo dinámico de esta tesis.

Antes de comenzar con el ejemplo, quiero recordar el *mantra* definido en la especificación SBVR: las *reglas* se basan en *tipos de hechos*, y los *tipos de hecho* se basan en *términos* (en inglés *rules are based on facts, and facts are based on terms*). A continuación se muestra un vocabulario SBVR muy sencillo definido en el capítulo 13 de la propia especificación SBVR que incluye tres *términos*, un *tipo de hecho* y una *regla*:

company

officer

EU-Rent

company appoints officer

EU-Rent must appoint at least 3 officers

Por otro lado, la especificación SBVR también define otra serie de elementos que, se podría decir, apoyan en cierto sentido este *mantra*, como por ejemplo, los *hechos relacionados* (*related facts* en inglés). El Anexo E de la especificación SBVR describe un ejemplo relacionado con un servicio de alquiler de coches a través de diez reglas de negocio. La siguiente regla de negocio se corresponde con una de ellas:

Operative business rule: It is obligatory that each driver of a rental is qualified

Supporting fact types: rental has driver

driver is qualified

Related facts: The noun concept 'driver' is a facet of the noun concept 'person'

En este ejemplo de la especificación, se podría destacar en primer lugar cómo utiliza un conjunto de notaciones a modo de aclaración del vocabulario SBVR: *operative business rule*, *supporting fact types* y *related facts*. Estas notaciones no son estrictamente necesarias (de hecho, en el ejemplo del capítulo 13 que describo en el párrafo anterior no se emplean) pero si utilizara la definición MOF/XMI del vocabulario SBVR en lugar de la notación con fuentes, habría atributos del propio XMI que se relacionan con estas y otras notaciones.

En primer lugar, para cumplir con la estructura del modelo dinámico no es necesario definir ningún término para el vocabulario SBVR ya que solo se escribirían los términos necesarios para los tipos de hecho y reglas de negocio de la colaboración.

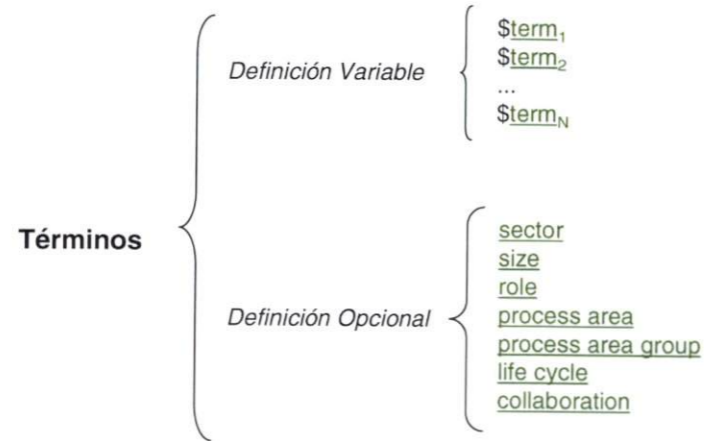


Figura A3-1: Definición variable y opcional de términos para el modelo dinámico

Una vez que se hubieran definido los términos (pudiendo opcionalmente incluir términos reservados del modelo dinámico, tal y como se muestra en la Figura A3-1), se deben escribir el conjunto de tipos de hecho que se muestran a continuación para establecer elementos globales del propio modelo como el sector, rol, área de proceso, etc.

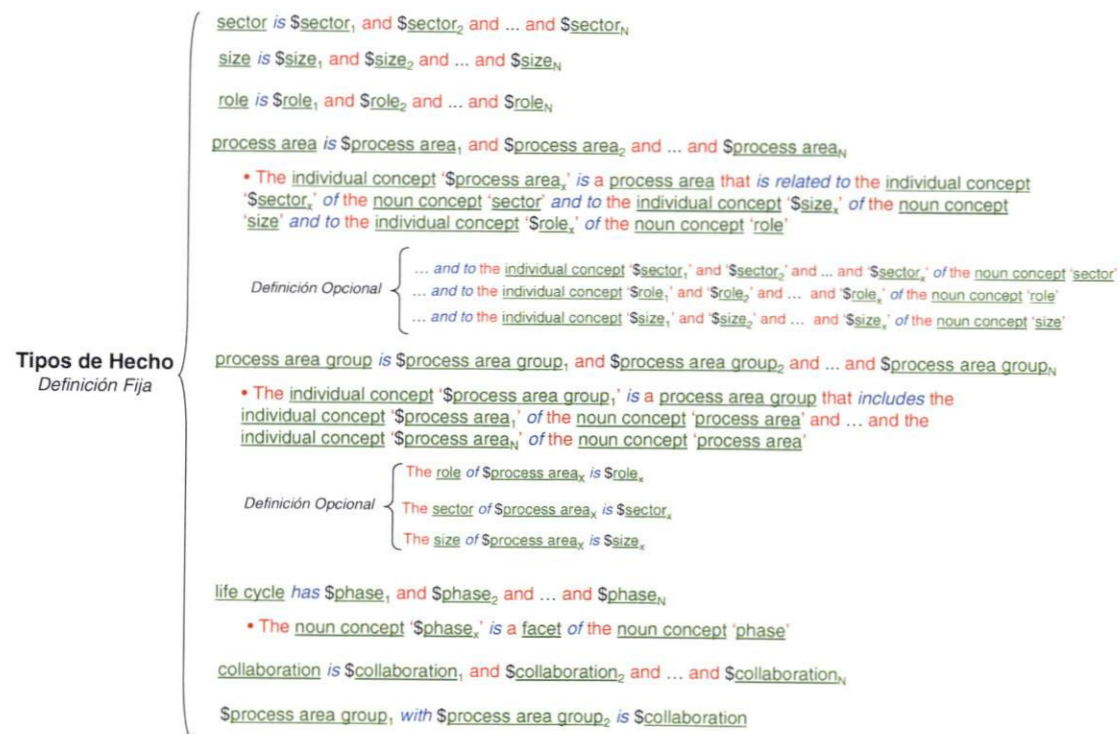


Figura A3-2: Definición fija de tipos de hecho para el modelo dinámico



Figura A3-3: Definición variable de tipos de hecho para el modelo dinámico

Una vez que se escribe la definición fija de los tipos de hecho, se incluye el resto de tipos de hecho que se consideran necesarios para la definición con SBVR de la colaboración empresarial y que son independientes del modelo.

Finalmente, todas las reglas de negocio deben incluir como hecho relacionado, al menos, uno que indique si es una malla de proceso (interna o externa) o una malla para el ciclo de vida de la colaboración. Además, también cabe la posibilidad de que hubiera que definir el rol, sector o tamaño al que se refieren las áreas de proceso en caso de que su definición incluyera más de una.



Figura A3-4: Definición variable, fija y opcional de reglas para el modelo dinámico

Términos

Los *términos* son los primeros elementos del *mantra* SBVR y en ellos se basarán los *tipos de hecho* y las *reglas de negocio*. Es cierto que tampoco es necesario explicitarlos (por ejemplo, en el ejemplo del Anexo E de la especificación SBVR no se hace) ya que son elementos individuales que se encuentran en *tipos de hecho* y *reglas de negocio*. Los términos que se describen a continuación son todos los que se emplean posteriormente para *tipos de hecho* y *reglas de negocio* aunque no están incluidos los relativos al modelo dinámico como sector, rol, tamaño etc.

provider, software, application, project, plan, test plan, engineer, technical director, technical competences, design, functional analysis, application technology, requirements, customer, incidence, criticality, unit test, software design, static view, dynamic sequence, UML diagram, legal agreement, reviews, monitoring, evaluations, acceptance tests, nontechnical commitments, software product

Tipos de Hecho

Los *tipos de hecho* del ejemplo solo definen la estructura SBVR necesaria para el modelo dinámico (ver definición fija de los *tipos de hecho*) ya que he preferido dejar los *tipos de hecho* variables en las *reglas de negocio* para una mayor claridad.

sector is public health system and ICT

size is 200 and 60

role is engineer and project leader and technical director

process area is technical solution and verification and project management and supplier management

The individual concept 'technical solution' is a process area that is related to the individual concept 'ICT' of the noun concept 'sector' and to the individual concept '60' of the noun concept 'size' and to the individual concept 'engineer' of the noun concept 'role'.

The individual concept 'verification' is a process area that is related to the individual concept 'ICT' of the noun concept 'sector' and to the individual concept '60' of the noun concept 'size' and to the individual concept 'engineer' of the noun concept 'role'.

The individual concept 'project management' is a process area that is related to the individual concept 'ICT' of the noun concept 'sector' and to the individual concept '60' of the noun concept 'size' and to the individual concept 'project leader' of the noun concept 'role'.

The individual concept 'supplier management' is a process area that is related to the individual concept 'public health system' of the noun concept 'sector' and to the

individual concept '200' of the noun concept 'size' and to the individual concept 'technical director' of the noun concept 'role'.

collaboration is supply chain

life cycle has creation and operation and dissolution

The noun concept 'creation' is a facet of the noun concept 'phase'

The noun concept 'operation' is a facet of the noun concept 'phase'

The noun concept 'dissolution' is a facet of the noun concept 'phase'

process area group is Enterprise A and Enterprise B

The individual concept 'Enterprise A' is a process area group that includes the individual concept 'technical solution' of the noun concept 'process area' and the individual concept 'verification' of the noun concept 'process area' and the individual concept 'project management' of the noun concept 'process area'

The individual concept 'Enterprise B' is a process area group that includes the individual concept 'supplier management' of the noun concept 'process area'

Enterprise A with Enterprise B is supply chain

Business Rules

Todas las *reglas de negocio* del ejemplo contienen un *tipo de hecho* relativo al modelo dinámico para indicar la colaboración entre las áreas de proceso previamente escritas: *external mesh*, *internal mesh* o *life cycle mesh*. Además, las *reglas de negocio* se definen a través de otros *tipos de hecho* que se consideran necesarios y que se engloban dentro de las propias características de un vocabulario SBVR ajeno al modelo dinámico que se presenta en la tesis. Por ejemplo, el *tipo de hecho* provider deliver functional analysis de la primera *regla de negocio* se utiliza para construir la propia regla y no tiene nada que ver con el modelo dinámico; igualmente, el *hecho relacionado* The noun concept 'functional analysis' is a category of the noun concept 'analysis' se emplea para dotar de mayor información a la definición de la regla.

- It is necessary that each provider deliver at least one functional analysis external mesh between supplier management and project management provider deliver functional analysis

The noun concept 'functional analysis' is a category of the noun concept 'analysis'

- It is obligatory that the test plan of each project is at most 30 days internal mesh between project management and verification project has test plan

The noun concept 'test plan' is a role that ranges over the noun concept 'plan'

- It is obligatory that each engineer of a provider is certified in technical competences of the application technology

external mesh between supplier management and technical solution

provider has engineer

engineer is certified

The noun concept 'engineer' is a facet of the noun concept 'person'

- It is possible that the provider incurs a delay if the requirements of the customer have changed

external mesh between supplier management and project management

provider incurs delay

customer has requirements

The noun concept 'customer' is a facet of the noun concept 'document'

-It is permitted that an incidence of a unit test is open only if the criticality is low

internal mesh between project management and verification

unit test has incidence

unit test is open

criticality is low

The noun concept 'unit test' is a role that ranges over the noun concept 'test'

- It is obligatory that the software design includes a static view and a dynamic sequence of a UML diagram

internal mesh between project management and technical solution

software design has UML diagram

UML diagram has static view

UML diagram has dynamic sequence

The noun concept 'software design' is a role that ranges over the noun concept 'design'

The noun concept 'static view' is a category of the noun concept 'view'

The noun concept 'dynamic sequence' is a category of the noun concept 'sequence'

The noun concept 'UML diagram' is a category of the noun concept 'diagram'

-It is necessary that a legal agreement is signed before the project is open

life cycle mesh between creation and operation

project is open

legal agreement is signed before project

The noun concept 'legal agreement' is a facet of the noun concept 'document'

-The content of legal agreement should specify reviews, monitoring, evaluations and acceptance tests

life cycle mesh between creation and operation

legal agreement has content

content specify reviews, monitoring, evaluations and acceptance tests

The noun concept 'legal agreement' is a facet of the noun concept 'document'

The noun concept 'acceptance test' is a category of the noun concept 'test'

-It is necessary that the nontechnical commitments associated with the software product are satisfied

life cycle mesh between operation and dissolution

software product has nontechnical commitments

nontechnical commitments are satisfied

The noun concept 'nontechnical commitments' is a category of the noun concept 'commitments'

The noun concept 'software product' is a role that ranges over the noun concept 'product'

Anexo 4: Áreas de Proceso

Área de Proceso	Dominio	Nivel de madurez
Gestión de configuración (CM)	Gestión de Proyecto y Producto	2
Medición y análisis (MA)	Organización	2
Innovación y despliegue en la organización (OID)	Innovación	3
Rendimiento de procesos de la organización (OPP)	Organización	4
Formación y desarrollo de competencias (TCD)	Organización	4
Gestión de proyecto colaborativo (CPM)	Gestión de Proyecto y Producto	2
Aseguramiento de la calidad de proceso y de producto (PPQA)	Gestión de Proyecto y Producto	2
Gestión cuantitativa de proyecto (QPM)	Gestión de Proyecto y Producto	4
Desarrollo de requerimientos (RD)	Gestión de Proyecto y Producto	3
Prevención de problemas y defectos (DPP)	Organización	3
Gestión de requerimientos (RD)	Gestión de Proyecto y Producto	2
Gestión de recursos (RM)	Organización	2
Gestión de riesgos (RSKM)	Gestión de Proyecto y Producto	3
Solución técnica (TS)	Gestión de Proyecto y Producto	2
Gestión de negocio (BM)	Estrategia y Proceso de Negocio	2
Derechos de propiedad intelectual (IPR)	Colaboración, Entorno Legal y Confianza	2
Tecnologías para la colaboración e interoperabilidad (ICT)	Sistemas y Tecnología	3
Innovación Abierta (OI)	Innovación	4
Evaluación del cliente (CE)	Cliente	4
Gobernanza del negocio (BG)	Estrategia y Proceso de Negocio	3
Gestión de la confianza (TM)	Colaboración, Entorno Legal y Confianza	2
Gestión de la relación colaborativa del cliente (CCRM)	Cliente	3
Gestión de la colaboración (CA)	Colaboración, Entorno Legal y Confianza	2
Procesos de negocio colaborativos (CBP)	Estrategia y Proceso de Negocio	3

Tabla A4-1: Áreas de Proceso de ECMM

Área de Proceso	Categoría	Nivel de madurez
Análisis causal y resolución (CAR)	Soporte	5
Gestión de configuración (CM)	Soporte	2
Análisis de decisiones y resolución (DAR)	Soporte	3
Gestión integrada de proyecto + IPPD (IPM+IPPD)	Gestión de Proyectos	3
Medición y análisis (MA)	Soporte	2
Definición de procesos de la organización + IPPD (OPD + IPPD)	Gestión de Proyectos	3
Enfoque en procesos de la organización (OPF)	Gestión de Proyectos	3
Gestión del rendimiento de la organización (OPM)	Gestión de Proyectos	5
Rendimiento de procesos de la organización (OPP)	Gestión de Proyectos	4
Formación organizativa (OT)	Gestión de Proyectos	3
Integración de producto (PI)	Ingeniería	3
Monitorización y control de proyecto (PMC)	Gestión de Proyectos	2
Planificación de proyecto (PP)	Gestión de Proyectos	2
Aseguramiento de la calidad de proceso y de producto (PPQA)	Soporte	2
Gestión cuantitativa de proyecto (QPM)	Ingeniería	4
Desarrollo de requerimientos (RD)	Ingeniería	3
Gestión de requerimientos (REQM)	Ingeniería	2
Gestión de riesgos (RSKM)	Gestión de Proyectos	3
Gestión de acuerdos con proveedores (SAM)	Gestión de Proyectos	2
Solución técnica (TS)	Ingeniería	3
Validación (VAL)	Ingeniería	3
Verificación (VER)	Ingeniería	3

Tabla A4-2: Áreas de Proceso de CMMI Dev. v1.3.

Anexo 5: Análisis de ECMM con SBVR

Reglas de Negocio

	P&PM	BP&S	CL&T	O	Total	Porc.
Om+aux+term+verb	2	2		1	5	4,59%
Om+aux+term+verb+term	3	7	3	2	15	13,76%
Om+aux+term+verb+term+ind			3		3	2,75%
Om+aux+term+verb+term+verb				5	5	4,59%
Om+aux+term+verb+term+verb+ind				2	2	1,83%
Om+aux+term+verb+term+verb+term	1	1	4	2	8	7,34%
Om+aux+term+verb+term+verb+term+ind	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+verb+term+verb+term				1	1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+verb+term+term+aux+term		1		1	2	1,83%
Om+aux+term+verb+term+verb+aux+term		1		1	2	1,83%
Om+aux+term+verb+term+verb+aux+term+verb+term	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+verb+aux+term+verb+term+aux+term				1	1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+verb+aux+term+verb+aux+term+verb	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+verb+aux+term+verb+aux+term+verb+aux+term	1				1	0,92%
Om+aux+2*(term+verb)+aux+term+verb+aux+term+aux+term+verb+term				1	1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+term+term+aux+term			3	1	4	3,67%
Om+aux+term+verb+term+term+term+term+aux+term	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+10*term+aux+term		1			1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+term+aux+term	2		1		3	2,75%
Om+aux+term+verb+term+term+aux+term+verb+term	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+term+aux+term+verb+term+ind	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+term+aux+term+verb+aux+term		1			1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+term+aux+term+aux+verb+aux+term+verb+term	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+aux+term+verb	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+aux+term+verb+4*term+aux+term		1			1	0,92%
Om+aux+term+verb+term+aux+term+aux+term+verb			1		1	0,92%
Om+aux+term+verb+aux+term	5	1		2	8	7,34%
Om+aux+term+verb+aux+term+ind	4				4	3,67%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb	1	1			2	1,83%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+ind	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+ind+verb+term	1				1	0,92%
	29	20	20	12	71	

Tabla A5-1: Configuración Reglas de Negocio ECMM I

	P&PM	BP&S	CL&T	O	Total	Porc.
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+term	3	1	1		5	4,59%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+term+ind	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+term+verb				1	1	0,92%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+term+verb+aux+term	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+term+verb+term+ind				1	1	0,92%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+term+aux+term	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+term+term+aux+term+verb+term	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+aux+term	5				5	4,59%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+aux+term+verb+aux+term	1				1	0,92%
Om+aux+2*(term+verb+aux)+term+verb+aux+term+verb+aux+term	1				1	0,92%
Om+aux+term+verb+aux+term+term+aux+term				1	1	0,92%
Om+aux+term+verb+ind+verb+aux+term+verb+aux+term			1		1	0,92%
Om+aux+term+aux+term+verb+aux+term	2		1		3	2,75%
Om+aux+term+aux+term+verb+aux+term+verb		1		1	2	1,83%
Om+aux+term+aux+term+verb+term+verb+aux+term+verb+term			1		1	0,92%
Om+aux+term+aux+verb+aux+term+verb+term	1				1	0,92%
Om+term+verb+aux+term+verb			1		1	0,92%
	17	2	5	4	28	

Tabla A5-2: Configuración reglas de negocio ECMM II

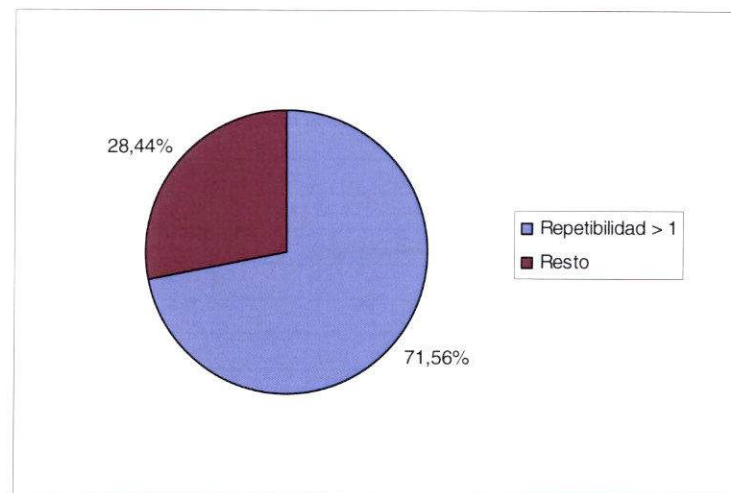


Figura A5-1: Coincidencias >1 en reglas de negocio ECMM

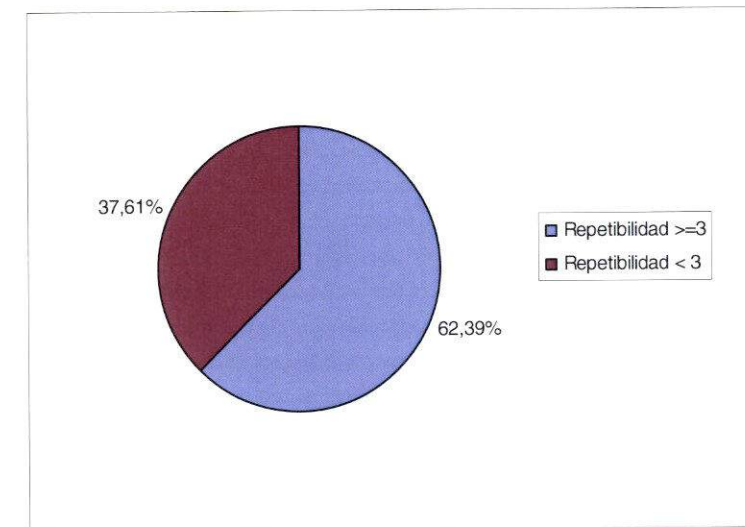


Figura A5-2: Coincidencias >=3 en reglas de negocio ECMM

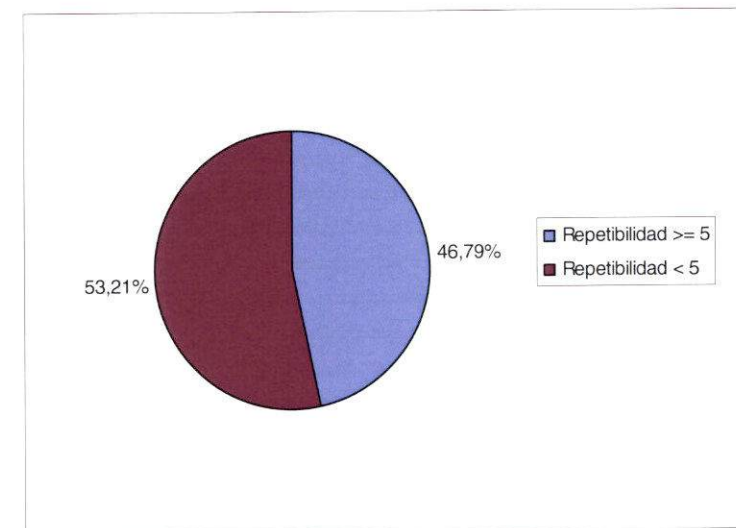


Figura A5-3: Coincidencias >=5 en reglas de negocio ECMM

Tipos de Hecho

Term+verb+term	P&PM	BP&S	CL&T	O	Total	Porcentaje
has	38	10	15	9	72	29,63%
are defined before	1				1	0,41%
is based on	1			1	2	0,82%
is estimated with	1				1	0,41%
have	1				1	0,41%
includes	5	18	8	1	32	13,17%
defines	1				1	0,41%
is scoped by	1				1	0,41%
on which to scope	1				1	0,41%
are identified with	1				1	0,41%
before	1				1	0,41%
is included in	3				3	1,23%
are included in	3				3	1,23%
are reflected in	1				1	0,41%
commit	1				1	0,41%
is monitored with	2			1	3	1,23%
are monitored against	3				3	1,23%
is established with	2		1	1	4	1,65%
is defined with	1				1	0,41%
can be changed with	1				1	0,41%
in	2				2	0,82%
are analyzed to determine	1				1	0,41%
on	2				2	0,82%
address	3				3	1,23%
is reported to	1				1	0,41%
are documented with	7				7	2,88%
are reviewed with	1			1	2	0,82%
are aligned with	1				1	0,41%
are managed by	1				1	0,41%
is done for	1				1	0,41%
evaluates	3				3	1,23%
can affect to	3				3	1,23%
is documented by	1				1	0,41%
review	1				1	0,41%
are informed about	1				1	0,41%
includes	1				1	0,41%
are identified in	1				1	0,41%
is taken by	1				1	0,41%
	101	28	24	14	167	

Tabla A5-3: Configuración tipos de hecho ECMM I

Term+verb+term	P&PM	BP&S	CL&T	O	Total	Porcentaje
is evaluated before			1		1	0,41%
are evaluated before			1		1	0,41%
are		5		8	13	5,35%
are established among			1		1	0,41%
is	1	1	2	1	5	2,06%
is defined in			3		3	1,23%
is reviewed by			4		4	1,65%
are considered in			1		1	0,41%
are reviewed by			1		1	0,41%
are addressed in			1		1	0,41%
are communicated to			1	1	2	0,82%
are identified for				2	3	1,23%
protects			1		1	0,41%
can be			3		3	1,23%
to			3		3	1,23%
takes part in			1		1	0,41%
are selected with			1		1	0,41%
is done by			1		1	0,41%
is accepted depending on			1		1	0,41%
is determined by			1		1	0,41%
assess			1		1	0,41%
are defined by			1		1	0,41%
meet			2		2	0,82%
define			2		2	0,82%
must meet			2		2	0,82%
measure			1		1	0,41%
include			3		3	1,23%
is reviewed to ensure			1		1	0,41%
accomplish			1		1	0,41%
based on				1	1	0,41%
are defined in				4	4	1,65%
are defined to ensure				2	2	0,82%
is the basis of				1	1	0,41%
are allocated to				1	1	0,41%
are integrated into				1	1	0,41%
improves				1	1	0,41%
for performing				2	2	0,82%
consumed in				1	1	0,41%
	1	20	30	25	76	

Tabla A5-4: Configuración tipos de hecho ECMM II

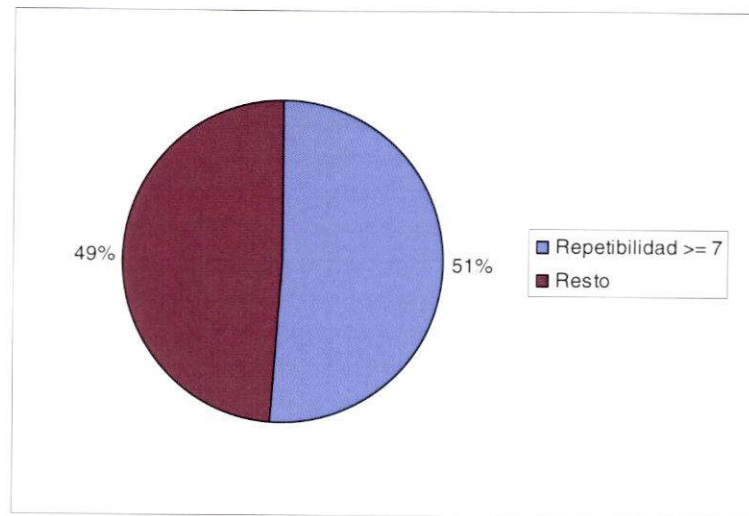


Figura A5-4: Coincidencias >=7 en verbos de los tipos de hecho en ECMM

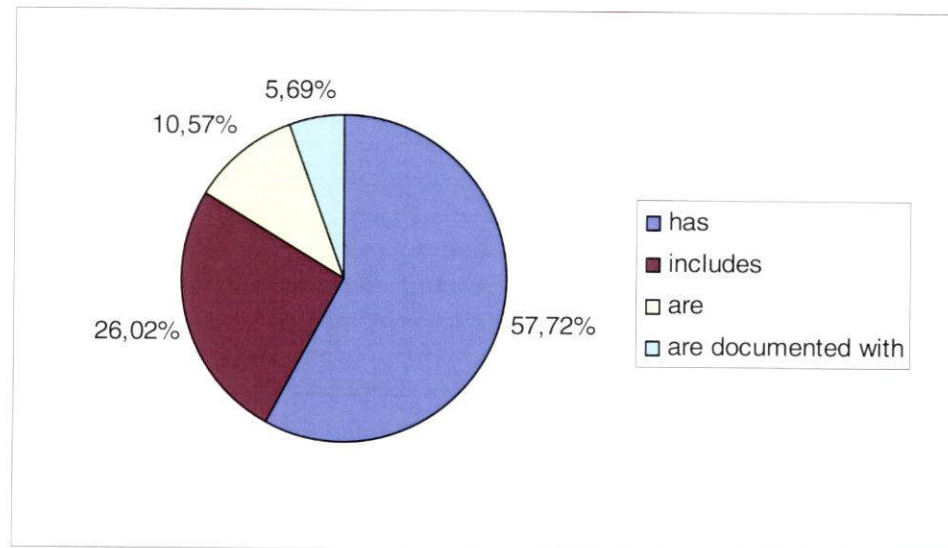


Figura A5-5: Verbos más empleados en los tipos de hecho en ECMM

Hechos Relacionados

	P&P	BP&S	CL&T	O	TOTAL	
Role	65	20	17	20	122	53,98%
Facet	13	6	5	1	25	11,06%
Category	19	18	15	11	63	27,88%
Individual values	9	3	3	1	16	7,08%
	106	47	40	33	226	

Tabla A5-5: Configuración hechos relacionados ECMM

role	P&PM	BP&S	CL&T	O	Total	Porcentaje
collaborative team	1				1	0,82%
relevant stakeholders	1			3	4	3,28%
collaborative network	1				1	0,82%
project	2				2	1,64%
stakeholder	13	7	2	1	23	18,85%
collaborative project	3				3	2,46%
work products	1				1	0,82%
project plan	13				13	10,66%
collaborative project life cycle	1				1	0,82%
collaborative project risks	2				2	1,64%
collaborative data management	1				1	0,82%
collaborative project resources	1				1	0,82%
needed knowledge	1				1	0,82%
plan	1				1	0,82%
project risks	1				1	0,82%
data management	1				1	0,82%
configuration management	3				3	2,46%
collaborative repository	1				1	0,82%
strategy	1				1	0,82%
control procedures	1				1	0,82%
configuration	2				2	1,64%
change	1				1	0,82%
related requirement	1				1	0,82%
collaborative enterprises	1			4	5	4,10%
traceability matrix	1				1	0,82%
bidirectional traceability	1				1	0,82%
collaborative product decomposition	1				1	0,82%
business rules	3				3	2,46%
work	1				1	0,82%
specific tem	1				1	0,82%
evaluations	1				1	0,82%
corrective action	1	1			2	1,64%
market situation			2		2	1,64%
collaboration			2		2	1,64%
collaborative business goals			2		2	1,64%
financial return			2		2	1,64%
profit timeline			1		1	0,82%
collaborative project			1		1	0,82%
business justification			2		2	1,64%
	65	20	2	8	95	

Tabla A5-6: Configuración del hecho relacionado Role en ECMM I

role	CL&T	O	Total	Porcentaje
resulting products	1		1	0,82%
protection criteria	2		2	1,64%
pre-existing knowledge	2		2	1,64%
protection schemes	1		1	0,82%
internal analysis	2		2	1,64%
collaborative enterprise member	1		1	0,82%
enterprise member	1		1	0,82%
storage capacity	1		1	0,82%
computing capacity	1		1	0,82%
network speed	1		1	0,82%
actors	1		1	0,82%
additional trust requirements	1		1	0,82%
collaborative management		1	1	0,82%
process implementation needs		1	1	0,82%
data analysts		1	1	0,82%
data providers		1	1	0,82%
collaborative resources		4	4	3,28%
financial constraints		1	1	0,82%
collaborative business plan		1	1	0,82%
planned resources		1	1	0,82%
collaborative process		1	1	0,82%
	15	12	27	

Tabla A5-7: Configuración del hecho relacionado Role en ECMM II

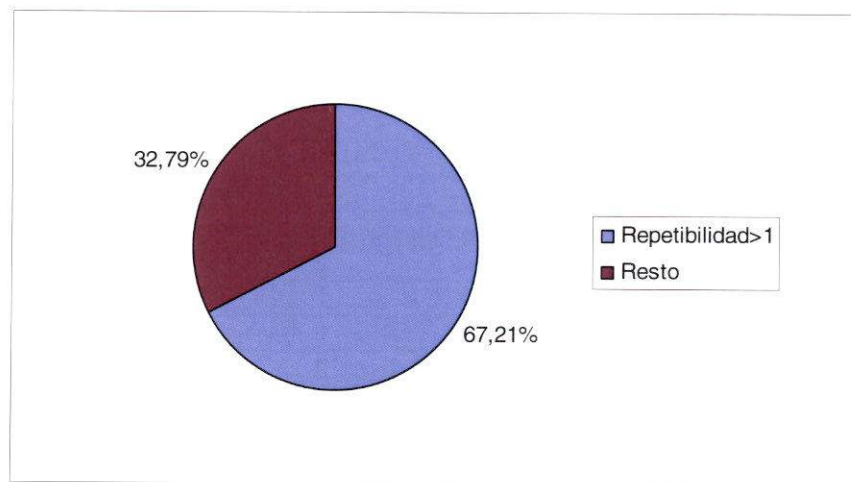


Figura A5-6: Coincidencias >1 para los roles en ECMM

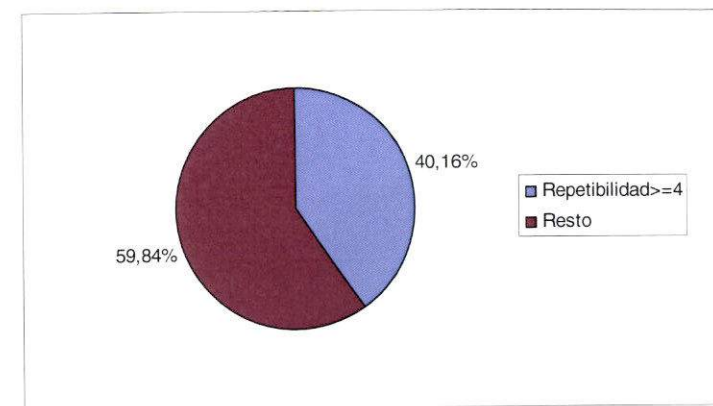


Figura A5-7: Coincidencias >=4 para los roles en ECMM

Category	P&PM	BP&S	CL&T	O	Total	Porcentaje
Previous estimations	1				1	1,59%
Top-level work breakdown structure	1				1	1,59%
Project risks	2				2	3,17%
Project resources	1				1	1,59%
Available resources	1				1	1,59%
Actual values	1				1	1,59%
Test results	1				1	1,59%
Change requests	1				1	1,59%
Test unit	1				1	1,59%
Change requirements	1				1	1,59%
Project manager	2				2	3,17%
Product decomposition	1				1	1,59%
Assurance evaluation	2				2	3,17%
Non-conformance issues	3				3	4,76%
Business goals		2			2	3,17%
Business plan		7			7	11,11%
Cost strategy		2			2	3,17%
Business risk		5			5	7,94%
Business results		2			2	3,17%
International standardization activities			1		1	1,59%
Market leader			1		1	1,59%
Collaboration agreement			4		4	6,35%
Trust agreement			2		2	3,17%
Trust requirements			4		4	6,35%
Trust criteria			2		2	3,17%
Trust relationship			1		1	1,59%
Measurement objectives				3	3	4,76%
Data analysis				1	1	1,59%
Quantifiable measure				1	1	1,59%
Retrieval procedures				1	1	1,59%
Measurement data				3	3	4,76%
Business plan				1	1	1,59%
Measurement specifications				1	1	1,59%
	19	18	15	11	63	

Tabla A5-8: Configuración del hecho relacionado Category en ECMM

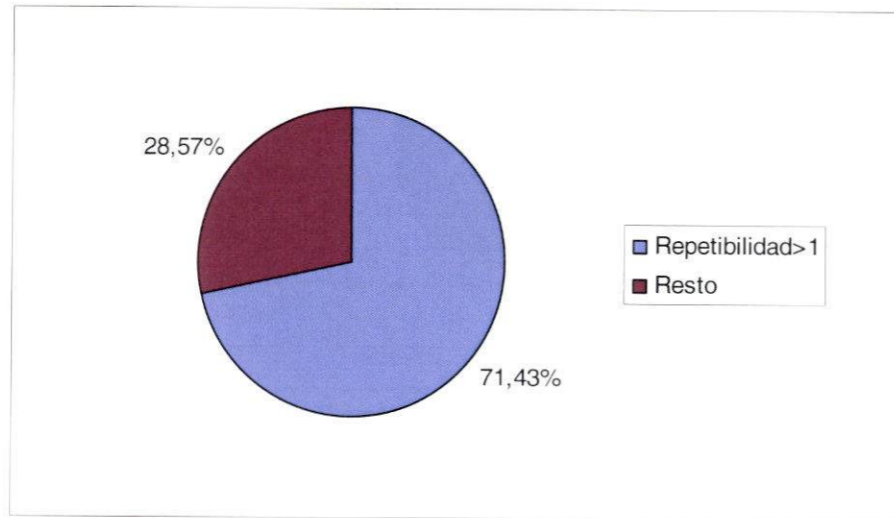


Figura A5-8: Coincidencias >1 para las categorías en ECMM

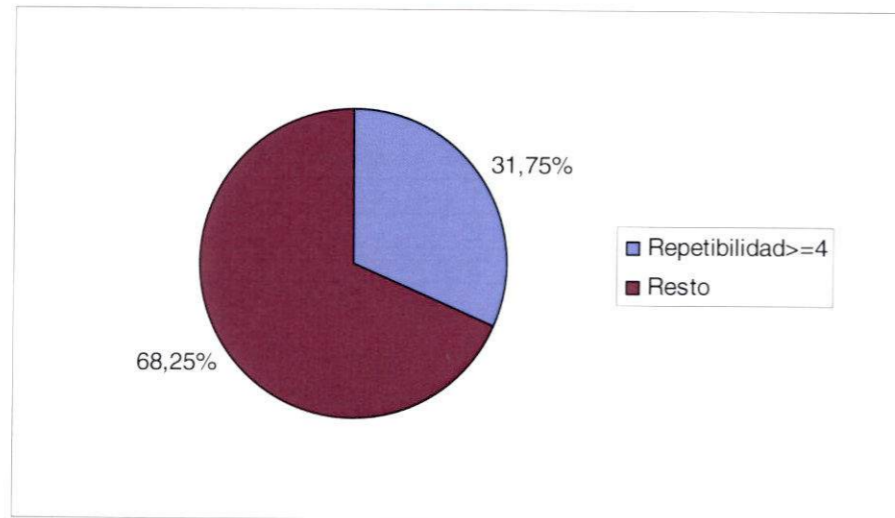


Figura A5-9: Coincidencias >=4 para las categorías en ECMM

Anexo 6: Análisis de CMMI con SBVR

Reglas de Negocio

	PP	PMC	RM	CM	PPQA	MA	Total	Porc.
Om+aux+term+verb	3	4	1		1	1	10	7,87%
Om+aux+term+verb+ind	1						1	0,79%
Om+aux+term+verb+term	4	1	1	1	4		11	8,66%
Om+aux+term+verb+term+aux+term					1	2	3	2,36%
Om+aux+term+verb+term+aux+term+verb+term	1						1	0,79%
Om+aux+term+verb+term+aux+verb+aux+term						1	1	0,79%
Om+aux+term+verb+term+term+aux+term	1			1			2	1,57%
Om+aux+term+verb+term+term+term+aux+term			1	1			2	1,57%
Om+aux+term+verb+term+term+term+aux+term+verb					1		1	0,79%
Om+aux+term+verb+term+term+term+term+aux+term			1				1	0,79%
Om+aux+term+verb+term+term+term+term+term+aux+term				1		1	2	1,57%
Om+aux+term+verb+6*term+aux+term						1	1	0,79%
Om+aux+term+verb+term+term+verb+term+aux+term	1						1	0,79%
Om+aux+term+verb+7*term+aux+term	1						1	0,79%
Om+aux+term+verb+term+verb	4	6	2	2			14	11,02%
Om+aux+term+verb+term+verb+term	1	1			2	5	9	7,09%
Om+aux+term+verb+term+verb+term+verb				1			1	0,79%
Om+aux+term+verb+term+verb+term+aux+term	2						2	1,57%
Om+aux+2*(term+verb)+term+aux+verb+aux+term+verb+term				1			1	0,79%
Om+aux+term+verb+term+verb+term+term+aux+term				1			1	0,79%
Om+aux+term+verb+term+verb+term+term+term+aux+term					1		1	0,79%
Om+aux+term+verb+term+verb+4*term+aux+term	1	1					2	1,57%
Om+aux+3*(term+verb)+term+term+aux+term	1						1	0,79%
Om+aux+term+verb+term+verb+aux+term	3	1			2		6	4,72%
Om+aux+2*(term+verb)+aux+term+verb+aux+term				1			1	0,79%
Om+aux+2*(term+verb)+aux+term+verb+aux+term+verb				1			1	0,79%
Om+aux+term+verb+aux+term	7	4	1	3	1	1	17	13,39%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb	1	2	4	2			9	7,09%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+aux+term	2	1		2			5	3,94%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+term				2	1	1	4	3,15%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+term+ind			1				1	0,79%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+term+verb			2				2	1,57%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+term+aux+term+verb+term+aux+term+verb+term	1						1	0,79%
Om+2*(aux+term+verb)+term+verb+term+aux+term	1						1	0,79%
Om+aux+term+verb+aux+term+verb+term+verb+aux+term	1						1	0,79%
Om+aux+term+verb+aux+term+aux+term+verb			1				1	0,79%
Om+aux+term+verb+2*(aux+term)+verb+term+term+aux+term				1			1	0,79%
Om+aux+term+verb+aux+verb					1		1	0,79%
Om+aux+term+aux+term+verb						2	2	1,57%
Om+aux+term+aux+term+verb+term+2*(verb+aux+term)						1	1	0,79%
Om+aux+term+aux+term+verb+aux+term	1						1	0,79%
Om+aux+term+aux+term+verb+aux+term+verb	1						1	0,79%
Total	39	22	14	21	15	16	127	

Tabla A6-1: Configuración reglas de negocio CMMI

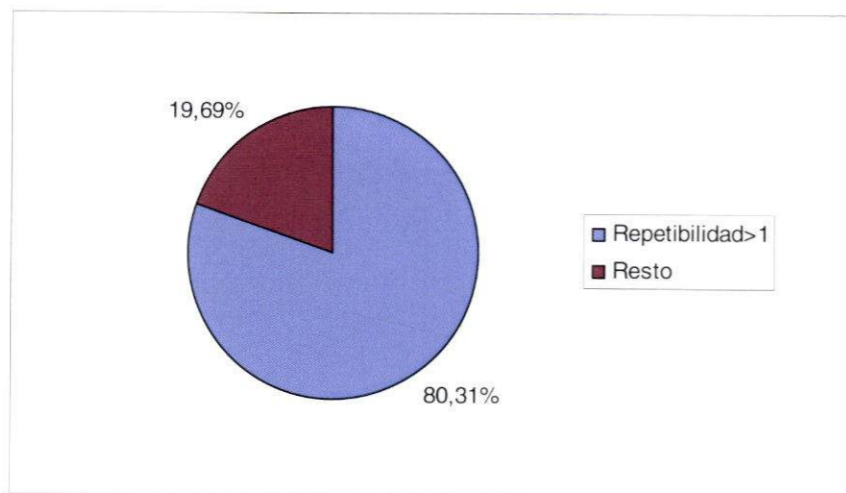


Figura A6-1: Coincidencias >1 en reglas de negocio CMMI

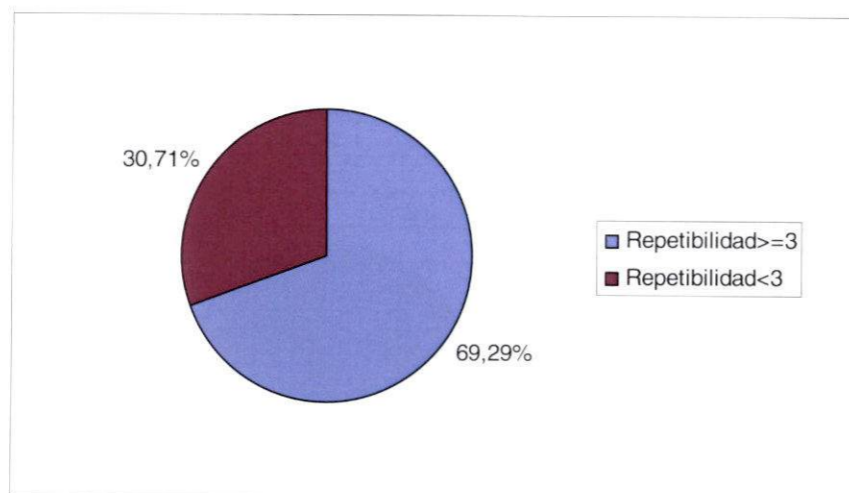


Figura A6-2: Coincidencias >=3 en reglas de negocio CMMI

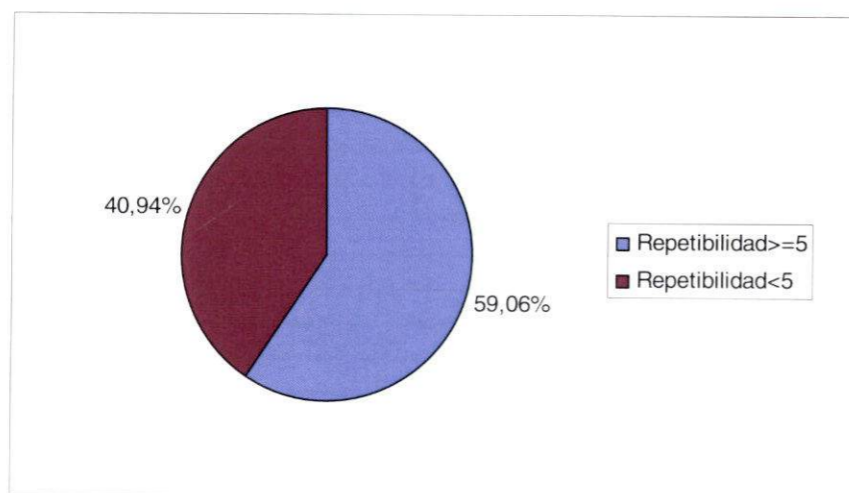


Figura A6-3: Coincidencias >=5 en reglas de negocio CMMI

Tipos de Hecho

	PP	PMC	RM	CM	PPQA	MA	TOTAL	
Term+verb+term	79	27	21	48	25	38	238	82,07%
Term+verb	10	12	12	6	7	5	52	17,93%
	89	39	33	54	32	43	290	

Tabla A6-2: Configuración tipos de hecho CMMI

Term+verb+term	PP	PMC	RM	CM	PPQA	MA	Total	Porcentaje
has	23	16	5	12	4	5	65	27,31%
is estimated with	1						1	0,42%
evolves with	1						1	0,42%
is based on	5						5	2,10%
is divided into	1						1	0,42%
are identified in	4						4	1,68%
to specify	1						1	0,42%
includes	8	1	5	11	4	13	42	17,65%
defines	1						1	0,42%
on which to scope	1						1	0,42%
are defined depending on	3						3	1,26%
is identified in	1						1	0,42%
include	3						3	1,26%
is included in	1						1	0,42%
are	1					2	3	1,26%
required to support	1						1	0,42%
can be	11	1		5			17	7,14%
to archive	1						1	0,42%
to access	1						1	0,42%
to perform	3						3	1,26%
are identified from	1						1	0,42%
are reconciled in	2						2	0,84%
is renegotiated with	1						1	0,42%
commit	1						1	0,42%
are reviewed with	2			2		2	6	2,52%
are monitored against		4					4	1,68%
constitute		1					1	0,42%
is monitored against		1					1	0,42%
is review with		1					1	0,42%
are addressed by		1					1	0,42%
are analysed to determine		1		1			2	0,84%
for distinguishing				1			1	0,42%
for				2	2	2	6	2,52%
are documented with				4			4	1,68%
are understood by				1			1	0,42%
are generated with				1			1	0,42%
between				2	1		3	1,26%
	79	27	21	34	8	24	193	

Tabla A6-3: Verbos de los tipos de hecho CMMI I

Term+verb+term	CM	PPQA	MA	Total	Porcentaje
are based on	1	1		2	0,84%
under	1			1	0,42%
are stored in	1			1	0,42%
serves as	1			1	0,42%
is authorised by	1			1	0,42%
will have on	3			3	1,26%
addressed in	1			1	0,42%
are controlled through	1			1	0,42%
in	1	1		2	0,84%
are recorded in	1	1		2	0,84%
so	1			1	0,42%
have access to	1			1	0,42%
participate in identifying		1		1	0,42%
participate in reporting		1		1	0,42%
is used to evaluate		1		1	0,42%
against		3		3	1,26%
are evaluated based on		1		1	0,42%
are evaluated at		1		1	0,42%
are evaluated before delivering to		1		1	0,42%
is improved for		2		2	0,84%
are resolved with		1		1	0,42%
are informed about		1		1	0,42%
are revised to get		1		1	0,42%
derived from			2	2	0,84%
are refined into			1	1	0,42%
ensure			2	2	0,84%
is supported with			1	1	0,42%
are analysed by			1	1	0,42%
have been identified for presenting			1	1	0,42%
are interpreted to draw			1	1	0,42%
for interpreting			1	1	0,42%
are stated			1	1	0,42%
are used by			2	2	0,84%
are communicated to			1	1	0,42%
	14	17	14	45	

Tabla A6-4: Verbos de los tipos de hecho CMMI II

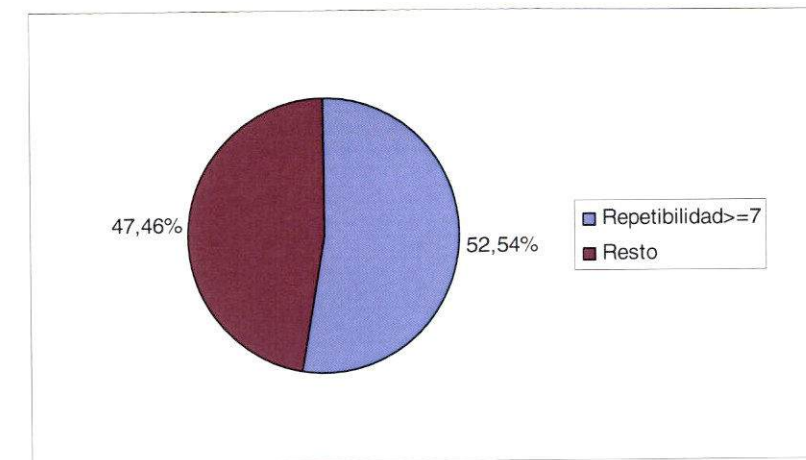


Figura A6-4: Coincidencias >=7 en verbos de los tipos de hecho en CMMI

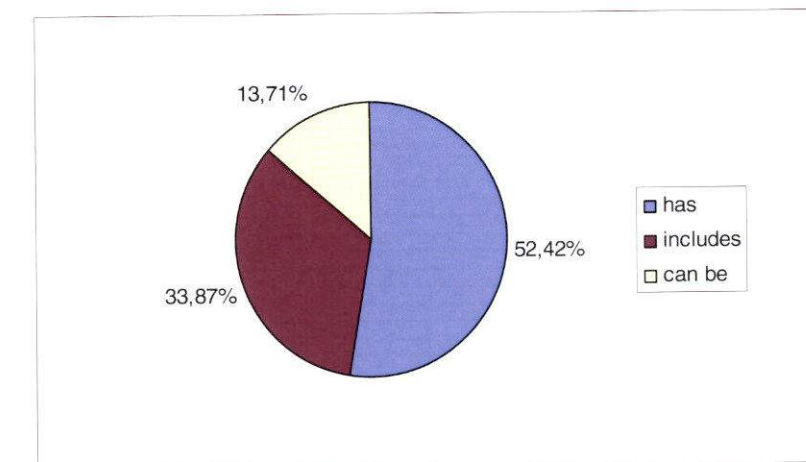


Figura A6-5: Verbos más empleados en los tipos de hecho en CMMI

Hechos Relacionados

	PP	PMC	RM	CM	PPQA	MA	Total	
role	41	20	10	19	15	16	121	56,28%
facet			1		1	4	6	2,79%
category	23	16	4	20	6	18	87	40,47%
individual values	1						1	0,47%
	65	36	15	39	22	38	215	

Tabla A6-5: Tipos de hechos relacionados en CMMI

role	PP	PMC	RM	CM	PPQA	MA	Total	Porcentaje
work breakdown structure	4						4	3,28%
sufficient detail	1			1	1		3	2,46%
project tasks	1						1	0,82%
work products	2	1					3	2,46%
project plan	11	6	2				19	15,57%
project lifecycle phases	2						2	1,64%
lifecycle phases	2						2	1,64%
planning effort	1						1	0,82%
project resources	1						1	0,82%
project effort	1						1	0,82%
project cost	1						1	0,82%
developed estimates	2						2	1,64%
major milestones	1						1	0,82%
project risks	3	1					4	3,28%
time frame	1						1	0,82%
various forms	1						1	0,82%
necessary project resources	1						1	0,82%
identified stakeholders	1						1	0,82%
all phases	1						1	0,82%
project lifecycle	1						1	0,82%
overall project plan	1						1	0,82%
relevant stakeholders	1			2		3	6	4,92%
plan execution	1						1	0,82%
typical indicators		1					1	0,82%
project progress		1					1	0,82%
significant deviations		1					1	0,82%
commitment reviews		1					1	0,82%
project risks monitoring		1					1	0,82%
data management reviews		1					1	0,82%
stakeholder involvement status		1					1	0,82%
informal reviews		1					1	0,82%
project milestones		1					1	0,82%
corrective actions		3	1				4	3,28%
appropriate requirements providers			1				1	0,82%
objective criteria			2				2	1,64%
requirements provider			1				1	0,82%
requirements change history			1				1	0,82%
traceability matrix			1				1	0,82%
requirements traceability			1				1	0,82%
	42	20	10	3	1	3	79	

Tabla A6-6: Role de los hechos relacionados en CMMI I

role	CM	PPQA	MA	Total	Porcentaje
documented criteria	1			1	0,82%
configuration management	1			1	0,82%
configuration identification	1			1	0,82%
internal work products	1			1	0,82%
important characteristics	2			2	1,64%
unique identifier	1			1	0,82%
storage media	1			1	0,82%
archived versions	1			1	0,82%
further development	1			1	0,82%
configuration control board	1			1	0,82%
next baseline	1			1	0,82%
configuration management actions	1			1	0,82%
configuration status	1			1	0,82%
successive baselines	1			1	0,82%
configuration audits	1			1	0,82%
quality issues		2		2	1,64%
clearly stated criteria		1		1	0,82%
stated criteria		1		1	0,82%
performed processes		1		1	0,82%
process description		1		1	0,82%
documented sampling criteria		1		1	0,82%
selected milestones		1		1	0,82%
future products		1		1	0,82%
appropriate members		1		1	0,82%
quality assurance		2		2	1,64%
quality assurance activities		1		1	0,82%
quality trends		1		1	0,82%
stored contents			1	1	0,82%
appropriate groups			1	1	0,82%
appropriate personnel			1	1	0,82%
analysis results			1	1	0,82%
preliminary conclusions			1	1	0,82%
measurement data			3	3	2,46%
work product size			1	1	0,82%
information needs			3	3	2,46%
initial results			1	1	0,82%
	16	14	13	43	

Tabla A6-7: Role de los hechos relacionados en CMMI II

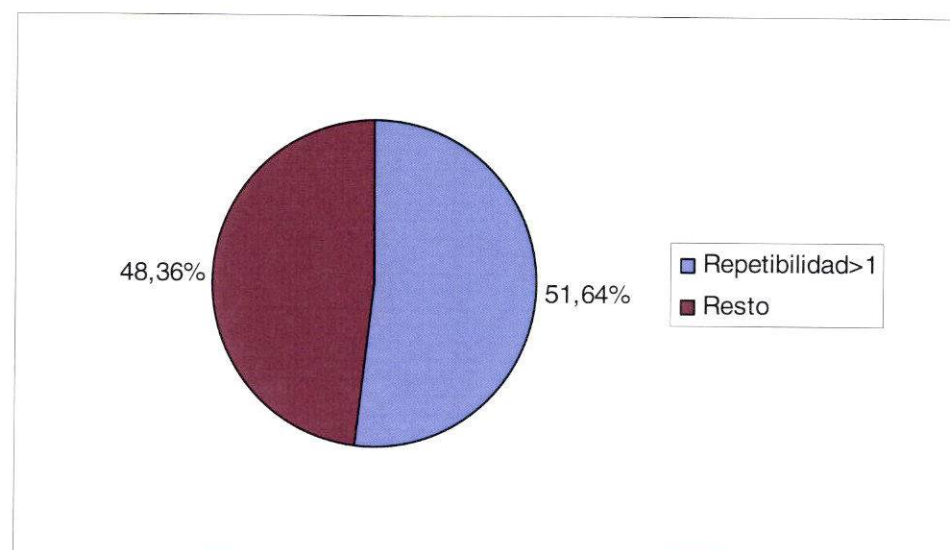


Figura A6-6: Coincidencias >1 para los roles en CMMI

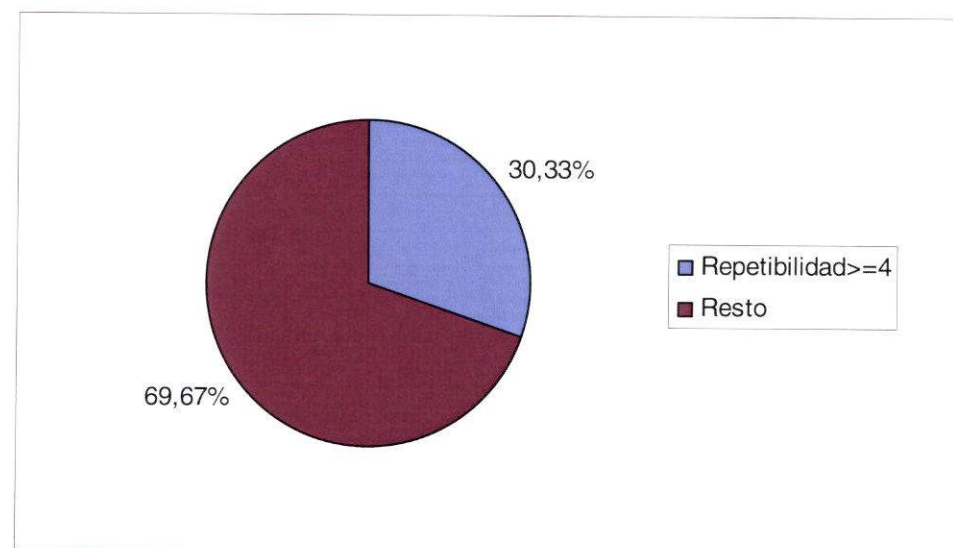


Figura A6-7: Coincidencias >=4 para los roles en CMMI

category	PP	PMC	RM	Total	Porcentaje
top-level work breakdown structure	4			4	4,60%
product architecture	1			1	1,15%
work packages	2			2	2,30%
historical data	2			2	2,30%
task dependencies	1			1	1,15%
corrective action criteria	1			1	1,15%
data management	1	1		2	2,30%
data requirements	1			1	1,15%
archived data	1			1	1,15%
project resources	2			2	2,30%
available resources	1			1	1,15%
estimated resources	1			1	1,15%
internal commitments	1			1	1,15%
senior management	2			2	2,30%
external commitments	1			1	1,15%
staffing requirements	1			1	1,15%
actual values		1		1	1,15%
project planning parameters		3		3	3,45%
project performance		1		1	1,15%
commitment reviews		1		1	1,15%
project risks monitoring		1		1	1,15%
data management reviews		1		1	1,15%
stakeholder involvement status		1		1	1,15%
project reviews		2		2	2,30%
corrective actions		3		3	3,45%
corrective action plan		1		1	1,15%
requirements providers			1	1	1,15%
requirements change			1	1	1,15%
requirements traceability			1	1	1,15%
requirements baseline			1	1	1,15%
	23	16	4	43	

Tabla A6-8: Categorías de los hechos relacionados en CMMI I

category	CM	PPQA	MA	Total	Porcentaje
configurations items	11			11	12,64%
test results	1			1	1,15%
acquired products	1			1	1,15%
document type	1			1	1,15%
programming language	1			1	1,15%
configuration management system	2			2	2,30%
change requests	2			2	2,30%
file type	1			1	1,15%
quality issues		2		2	2,30%
non-compliance issues		3		3	3,45%
sampling criteria		1		1	1,15%
measurement objectives			4	4	4,60%
project plan			1	1	1,15%
strategic plan			1	1	1,15%
business plan			1	1	1,15%
process improvement plans			1	1	1,15%
quantifiable measure			2	2	2,30%
storage procedures			1	1	1,15%
retrieval procedures			1	1	1,15%
measurement data			4	4	4,60%
preliminary conclusions			1	1	1,15%
analysis results			1	1	1,15%
	20	6	18	44	

Tabla A6-9: Categorías de los hechos relacionados en CMMI II

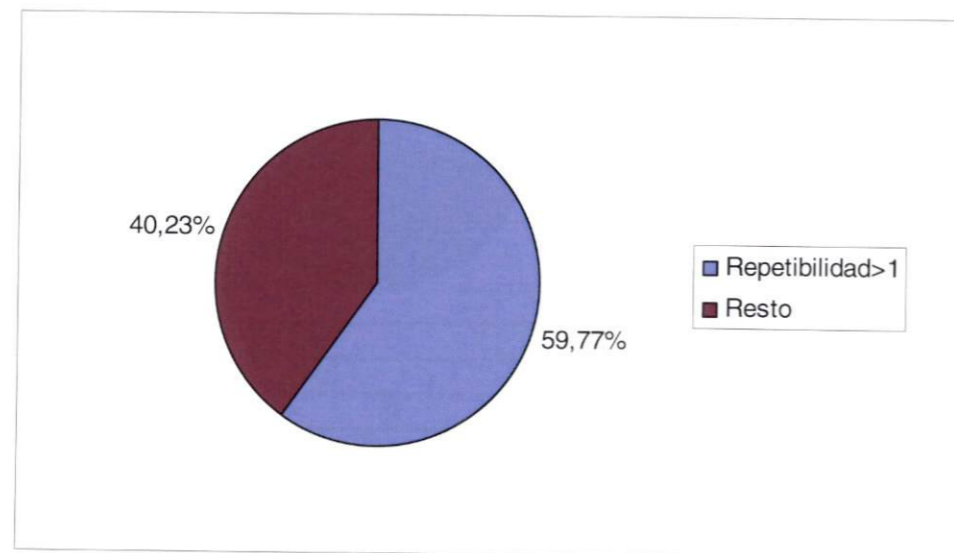


Figura A6-8: Coincidencias >1 para las categorías en CMMI

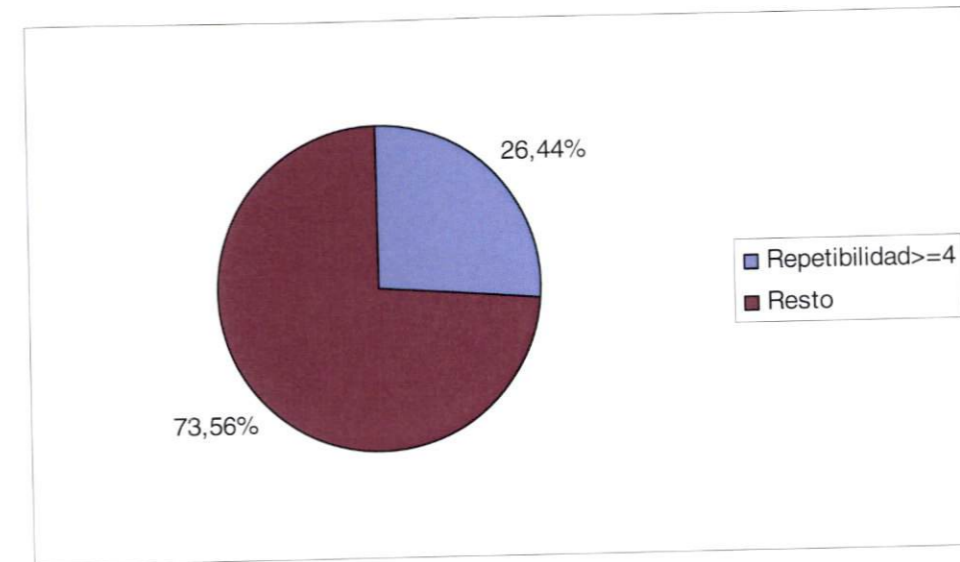


Figura A6-9: Coincidencias >=4 para las categorías en CMMI

