



SECRETARÍA ACADÉMICA
COORDINACIÓN DE POSGRADO
DOCTORADO EN EDUCACIÓN

***“Construcción de Modelos Científicos Escolares relativos a Fenómenos
Electrostáticos con Alumnos de Secundaria”***

Tesis que para obtener el Grado de
Doctora en Educación
Presenta

Sara Pereda García

Tutor:
Dr. Ángel D. López y Mota

Comité Tutorial:
Dra. Dulce María López Valentín
Dra. Alejandra García Franco

Agradecimientos

A la ***Coordinación Sectorial de Educación Secundaria***
por otorgarme la Licencia por Beca-Comisión y poder dedicarle el tiempo necesario al
Doctorado en Educación y a la realización de esta Tesis.

A mi Tutor, el ***Dr. Ángel López y Mota,***
por sus conocimientos compartidos, por convertir las cosas difíciles en fáciles,
por compartir los buenos momentos y por acompañarme a lo largo de esta aventura.

A las integrantes de mi Comité Tutorial:
a la ***Dra. Dulce Ma. López Valentín,*** y a la ***Dra. Alejandra García Franco,***
por las enriquecedoras contribuciones y valiosas reflexiones para este trabajo.

A la ***Dra. Nidia Tuay Sigua*** y a la ***Dra. Pilar Segarra Alberu,***
por leer y contribuir de manera significativa en la parte disciplinar de esta Tesis.

Especialmente a:
La ***Dra. Rufina Gutiérrez Gonçet*** y a la ***Dra. Carla Hernández Silva***
por sus aportaciones para mejorar el contenido de esta Investigación.

A mi ***Familia,***
Por su Apoyo, Comprensión, Amor y Entrega de todos los días.

A mi acompañera de este Posgrado, de viajes y aventuras:
Ma. de la Luz Martínez Hernández

Presentación

El propósito de este trabajo es presentar los modelos científicos escolares de un grupo 37 estudiantes de segundo grado de secundaria (13-14 años de edad), y que construyendo a lo largo de una secuencia didáctica -basada en los modelos y la modelización- en condiciones normales de una clase de ciencias.

La propuesta de construcción de modelos se fundamenta en una perspectiva epistemológica (Giere, 2004) y se complementa con una visión ontológica propuesta por Gutiérrez (2005); es decir, retomé elementos ontológicos -entes y sus propiedades- y epistemológicos -enunciados legales- para la construcción de una noción de modelo. A partir de la definición de ‘modelo científico’ adoptada (Gutiérrez, 2014) se construye el Modelo Científico Escolar de Arriba que permite homogeneizar la información -toda en términos de modelos-. Con ello, tuve elementos que me permitieron direccionar la secuencia didáctica empleada para abordar los fenómenos electrostáticos en este nivel educativo. De esta manera, el Modelo Científico Escolar de Arriba se podría constituir en parte del currículo como meta plausible de alcanzar y cuyos resultados son aquí discutidos.

ÍNDICE

1. CONFIGURACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.1 RESULTADOS DESEABLES EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS	11
<i>Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA)</i>	12
<i>Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares (ENLACE)</i>	16
1.2 CONSTRUCCIÓN DEL PROBLEMA PARA ESTA INVESTIGACIÓN	18
1.3 ABORDAJE DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DE SU ESTUDIO	19
1.4 PROPÓSITOS DE ESTA INVESTIGACIÓN	21
2. REVISIÓN DE LA LITERATURA	22
2.1 ANTECEDENTES: EL PENSAMIENTO DE LOS SUJETOS SOBRE FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS	23
<i>La Investigación Realizada por Osborne, et. al. (1991)</i>	25
<i>Investigación de Caillot, et. al. (1993)</i>	26
<i>Las Investigaciones de Guisasola y Furió (1994, 1998 y 1999)</i>	27
<i>Las Investigaciones de Criado y Cañal (2002)</i>	29
<i>Un Trabajo de Intervención (Pereda, 2008)</i>	30
<i>La Investigación de García-Carmona (2010)</i>	32
<i>El Trabajo de Azaiza, et. al. (2012)</i>	32
2.2 SECUENCIAS DIDÁCTICAS BASADAS EN MODELOS Y MODELIZACIÓN	35
2.3 LO QUE HASTA AHORA SE CONOCE	37
3. MARCO TEÓRICO	40
3.1 LA CORRIENTE SEMANTICISTA EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA	41
<i>Orientación Semanticista de la Ciencia</i>	41
3.2 LA INCORPORACIÓN DE LA VISIÓN SEMANTICISTA DE LA CIENCIA EN EL ÁMBITO DE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.....	46
<i>Los Modelos y la Modelización en la Actividad Científica Escolar</i>	46
3.3 EL MODELO CIENTÍFICO ESCOLAR DE ARRIBO: DISPOSITIVO TEÓRICO-METODOLÓGICO PARA EL DISEÑO Y VALIDACIÓN DE SECUENCIAS DIDÁCTICAS.....	49
<i>Definición de Modelo</i>	50
<i>Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA)</i>	54
3.4 LOS FENÓMENOS DE REFERENCIA A SER MODELIZADOS: LOS FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS	58
<i>Atracciones, ‘Toques’ y ‘Chispas’</i>	58
<i>Cuerpos Cargados que se ‘Rechazan’</i>	63
<i>Las Fuerzas Eléctrostáticas</i>	63
<i>Un Dispositivo para ‘Observar’ las Cargas Eléctricas</i>	66
4. METODOLOGÍA	68
4.1 POSTULACIÓN DEL MODELO CIENTÍFICO ESCOLAR DE ARRIBO: EL REFERENTE A ALCANZAR	69
<i>Modelo Estudiantil Inicial (MEI)</i>	70
<i>Modelo Curricular (MCu)</i>	70
<i>Modelo Científico (MCi)</i>	72

<i>Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA)</i>	73
4.2 CRITERIOS DE DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA	77
<i>Teóricos</i>	77
<i>Metodológicos</i>	78
<i>Pragmáticos</i>	78
4.3 DISEÑO DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA	79
<i>Fase 1. Exploración del Modelo Estudiantil Inicial (MEI)</i> :.....	79
<i>Fase 2. Construcción del Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA)</i>	79
<i>Fase 3. Expresión del Modelo Científico Escolar Logrado (MCEL)</i>	80
<i>Fase 4. Aplicación del MCEL (Modelo Científico Escolar Aplicado: MCEAp)</i>	80
4.4 ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA.....	89
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	91
5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS MODELOS.....	93
5.1.1 MODELOS ESTUDIANTILES INICIALES POR CATEGORÍA ANALÍTICA: PUNTO DE PARTIDA	93
<i>Entidades en el MEI</i>	94
<i>Propiedades en el MEI</i>	95
<i>Relaciones/reglas de inferencia en el MEI</i>	96
<i>Inferencias Generalizadas en el MEI</i>	98
<i>En Síntesis</i>	98
5.1.2 MODELOS CIENTÍFICOS ESCOLARES LOGRADOS POR CATEGORÍA ANALÍTICA	98
<i>Entidades en el MCEL</i>	100
<i>Propiedades en el MCEL</i>	102
<i>Relaciones/reglas de inferencia del MCEL</i>	106
<i>Inferencias generalizadas del MCEL</i>	113
<i>En Síntesis</i>	115
5.1.3 ACERCAMIENTO CATEGORIAL DEL MEI FRENTE AL MCEL	115
5.2 TRAYECTORIAS Y LOGRO DEL MCEA	118
5.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS INDIVIDUALES EN BAJOS, INTERMEDIOS Y AVANZADOS.....	121
5.2.1.1 <i>Modelos Construidos en la Fase 1-Sesión 1 (MEI)</i>	121
Modelos Bajos en el Modelo Estudiantil Inicial (Fase 1-Sesión 1).....	121
Modelos Intermedios en el Modelo Estudiantil Inicial (Fase 1-Sesión 1)	122
Modelos Avanzados en el Modelo Estudiantil Inicial (Fase 1-Sesión 1).....	123
5.2.1.2 <i>Modelos Construidos en la Fase 2-Sesión 3b</i>	123
Modelos Bajos en la Fase 2-Sesión 3b.....	125
Modelos Intermedios en la Fase 2-Sesión 3b.....	126
Modelos Avanzados en la Fase 2-Sesión 3b	127
5.2.1.3 <i>Modelos Construidos en la Fase 3-sesión 5b (MCEL)</i>	128
Modelos Bajos en el Modelo Científico Escolar Logrado (Fase 3-Sesión 5b).....	128
Modelos Intermedios en el Modelo Científico Escolar Logrado (Fase 3-Sesión 5b).....	129
Modelos Avanzados en el Modelo Científico Escolar Logrado (Fase 3-Sesión 5b)	129
5.2.2 TRAYECTORIAS DE LOS MODELOS INDIVIDUALES A LO LARGO DE LA SD.....	130
<i>Estudiantes que Inician en un Nivel Bajo</i>	131
<i>Estudiantes que Inician en un Nivel Intermedio</i>	132
<i>Estudiantes que Inician en un Nivel Avanzado</i>	133
<i>Estudiantes que Iniciaron en la Sesión 2</i>	134

<i>En Síntesis</i>	135
5.2.3 ANÁLISIS DE 5 CASOS RELEVANTES	136
5.2.3.1 <i>Estudiante número 10</i>	137
Entidades	137
Propiedades	139
Relaciones/Reglas de Inferencia	140
Inferencias Generalizadas.....	142
En Síntesis	144
5.2.3.2 <i>Estudiante número 16</i>	146
Entidades	146
Propiedades	147
Relaciones/Reglas de Inferencia	149
Inferencias Generalizadas.....	151
En Síntesis	152
5.2.3.3 <i>Estudiante número 22</i>	154
Entidades	154
Propiedades	155
Relaciones/Reglas de Inferencia	156
Inferencias Generalizadas.....	159
En Síntesis	160
5.2.3.4 <i>Estudiante número 17</i>	162
Entidades	162
Propiedades	163
Relaciones/Reglas de Inferencia	165
Inferencias Generalizadas.....	166
En Síntesis	167
5.2.3.5 <i>Estudiante número 23</i>	170
Entidades	170
Propiedades	171
Relaciones/Reglas de Inferencia	173
Inferencias Generalizadas.....	175
En Síntesis	175
5.2.3.6 <i>Síntesis de los Casos Presentados</i>	178
5.3 PERMANENCIA DE LOS MODELOS. EL MODELO CIENTÍFICO ESCOLAR APLICADO	183
5.3.1 EL MCEL FRENTE AL MCEAP POR CATEGORÍAS ANALÍTICAS	183
5.3.1.1 <i>Entidades en el MCEAp</i>	187
5.3.1.2 <i>Propiedades en el MCEAp</i>	191
5.3.1.3 <i>Relaciones/Reglas de Inferencia en el MCEAp</i>	195
5.3.1.4 <i>Inferencias Generalizadas en el MCEAp</i>	204
5.3.1.5 <i>En Síntesis</i>	207
5.3.2 NIVELES DE MODELADO INDIVIDUAL EN EL MCEAP	208
5.3.2.1 <i>Modelos Bajos en la Fase 4-Sesión 6</i>	208
5.3.2.2 <i>Modelos Intermedios en la Fase 4-Sesión 6</i>	210
5.3.2.3 <i>Modelos Avanzados en la Fase 4-Sesión 6</i>	211
5.3.3 ANÁLISIS DE 5 CASOS.....	213
5.3.3.1 <i>Estudiante que inició en un nivel bajo: Estudiante número 10</i>	213
Entidades	213
Propiedades	214
Relaciones/Reglas de Inferencia	215
Inferencias Generalizadas.....	216
En Síntesis	217
5.3.3.2 <i>Estudiantes que iniciaron con un modelo intermedio</i>	218
5.3.3.2.1 <i>Estudiante número 16</i>	218

Entidades.....	218
Propiedades.....	218
Relaciones/Reglas de Inferencia.....	220
Inferencias Generalizadas.....	221
En Síntesis.....	222
5.3.3.2 Estudiante número 22.....	223
Entidades.....	223
Propiedades.....	223
Relaciones/Reglas de Inferencia.....	224
Inferencias Generalizadas.....	226
En Síntesis.....	227
5.3.3.3 <i>Estudiantes que iniciaron con un modelo avanzado</i>	228
5.3.3.3.1 Estudiante número 17.....	228
Entidades.....	228
Propiedades.....	228
Relaciones/Reglas de Inferencia.....	229
Inferencias Generalizadas.....	231
En Síntesis.....	231
5.3.3.3.2 Estudiante número 23.....	232
Entidades.....	232
Propiedades.....	233
Relaciones/Reglas de Inferencia.....	234
Inferencias Generalizadas.....	236
En Síntesis.....	237
5.3.3.4 <i>Síntesis de los Casos Presentados</i>	237
6. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.....	239
EN PRIMER LUGAR, ¿CUÁLES SON LOS MODELOS INICIALES DE LOS ESTUDIANTES DE SECUNDARIA ACERCA DE LOS FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS?.....	240
EN SEGUNDO LUGAR, ¿CÓMO SE TRANSFORMAN SUS MODELOS DURANTE UNA SD BASADA EN LA MODELIZACIÓN?, ¿QUÉ TANTO LOGRAN LOS ESTUDIANTES ALCANZAR EL REFERENTE PROPUESTO DENOMINADO MCEA? Y ¿QUÉ TANTO DIFIEREN LOS MODELOS LOGRADOS POR LOS ESTUDIANTES EN CLASE, DE AQUELLOS IDENTIFICADOS COMO MODELOS INICIALES Y DEL REFERENTE PROPUESTO (MCEA)?.....	242
EN TERCER LUGAR, ¿QUÉ TANTO SE MANTIENEN EN EL TIEMPO LOS MODELOS QUE LOS ESTUDIANTES LOGRARON CONSTRUIR AL FINAL DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA?.....	246
FINALMENTE.....	248
REFERENCIAS.....	250
ANEXOS.....	258
<i>Instrumentos utilizados en la SD.....</i>	<i>259</i>
<i>Modelos que mostraron los 28 estudiantes al inicio de la Secuencia Didáctica (MEI).....</i>	<i>274</i>
<i>Modelos que los 37 Estudiantes lograron construir al finalizar la SD (MCEL).....</i>	<i>279</i>

Introducción

Este trabajo contiene seis capítulos que, de manera general presento su contenido:

En el primer capítulo doy a conocer de manera general, los resultados de las principales evaluaciones que se han hecho a los estudiantes de secundaria con respecto a las capacidades científicas de estos alumnos que han adquirido dentro de las aulas. El problema que construyo a partir de estos resultados, se propone una forma de abordar los fenómenos electrostáticos en este nivel de educación básica, principalmente propongo qué tanto pueden alcanzar a construir los estudiantes un modelo que les permita describir, explicar y predecir dichos fenómenos. De esta manera, presento el por qué de esta investigación y los propósitos que pretendo realizar.

En el segundo capítulo reporto los trabajos de investigación que se han realizado sobre las concepciones alternativas y la manera de pensar sobre los fenómenos electrostáticos, así como sus logros en la enseñanza y el aprendizaje en estudiantes de diferentes niveles, y los resultados de las estrategias didácticas enfocadas a la construcción de modelos para abordar fenómenos electrostáticos.

En el capítulo 3 muestro el sustento teórico y la visión de enseñanza y aprendizaje de las ciencias que orienta este trabajo, desde dónde podría enfrentarse el problema planteado y mencionado en el Capítulo 1. Hago mención de la importancia de adoptar un concepto de Modelo que me permita el análisis de los resultados

En el capítulo 4 propongo la manera de proceder para tratar de dar respuesta a las preguntas de investigación de la presente tesis, y que presentaré al final del Capítulo 1. Para ello, doy a conocer cómo se construye el Modelo Científico Escolar de Arribo, ya que con base en éste, se establecieron los criterios de diseño de la secuencia didáctica para abordar los fenómenos electrostáticos en una clase de Ciencias II (Énfasis en Física) para el nivel de educación

secundaria.

En el capítulo 5 trato de responder a las preguntas de investigación planteadas (Capítulo 1): en primer lugar, presento los resultados obtenidos por cada constituyente del modelo, es decir, por categorías para realizar un análisis de los modelos que construyeron los estudiantes. En segundo lugar clasifico los modelos de cada estudiante en tres niveles de modelado: Modelos *Bajos*, Modelos *Intermedios* y Modelos *Avanzados*; con estos tres niveles conoceré en qué medida se alcanzó el Modelo Científico Escolar de Arriba y realizar un analisis por categorías de cada modelo. Y en tercer lugar, doy a conocer qué tanto permanecieron los Modelos que construyeron los estudiantes después de cierto tiempo de que se aplicó la secuencia didáctica.

Finalmente, en el capítulo 6 planteo si los resultados obtenidos lograron dar respuesta a las preguntas de investigación y menciono los aportes que este trabajo brinda para el campo de Educación en Ciencias; específicamente en el terreno del diseño y validación de SD. También, menciono las conclusiones a las que llegué a partir de utilizar cierto sustento teórico, así como la manera de proceder en esta investigación.

1. Configuración del Problema

La investigación en Educación en Ciencias¹ es una acción cada vez más necesaria para identificar, formular y promover cambios eficaces en la práctica educativa. Los continuos cambios sociales que experimenta nuestra sociedad se reflejan en el comportamiento de nuestros adolescentes; y en vista de ellos, los profesores de ciencias se enfrentan al reto de ofrecer respuestas con sustento científico a las demandas de esta sociedad a la que los estudiantes pertenecen, y a los cuales en un futuro les corresponderá ponerse al frente de los retos que la misma sociedad busque atender.

Es por ello que, el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, debe centrarse en la formación de los estudiantes: en su desarrollo para una sociedad del conocimiento y de la información. Se requiere y se demandan recursos y estrategias dentro del aula que permitan encontrar respuestas útiles, realistas y eficaces para adaptar la educación en ciencias a la altura de las circunstancias y que el estudiante pueda enfrentar nuevos requerimientos sociales.

Una manera de conocer si esto se está cumpliendo en nuestras aulas es evaluando las capacidades científicas del alumno y a las que más adelante haré referencia.

1.1 Resultados Deseables en Educación en Ciencias

En los siguientes apartados, no trato de enfocarme en los resultados que México ha obtenido en las principales evaluaciones educativas (Programa para la evaluación internacional de los estudiantes y Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares), sino dar cuenta de que estas pruebas no buscan evaluar qué tanto saben los estudiantes acerca de los temas vistos en clase -y que en ocasiones han aprendido de memoria-, sino cómo aplican,

¹ En adelante, se utilizarán indistintamente los términos '*Educación en Ciencias*' y '*Didáctica de las Ciencias*'.

explican, argumentan y predicen los fenómenos físicos y químicos que ocurren en su contexto; lo cual representa una aproximación más funcional que recordatoria.

Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes (PISA²)

En los últimos años, los especialistas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) han diseñado evaluaciones para conocer el desempeño de los estudiantes en diversas áreas del conocimiento, principalmente en el nivel básico. Esta prueba es aplicada cada tres años a jóvenes que tienen 15 años de edad. A partir del año 2000, México se incorporó a la aplicación de esta prueba y para dar cuenta de si el conocimiento científico es aplicado o no en situaciones diseñadas para ello -por contraposición a sólo memorizar conceptos-, por parte del alumnado en dichas edades. Los resultados permiten inferir si es adecuada la enseñanza desplegada por los profesores para conseguir objetivos educativos más ambiciosos, como pueden ser la comprensión y resolución de problemas que se presentan en la vida cotidiana de los estudiantes -el cual, es uno de los supuestos de PISA-.

Las preguntas que se le presentan a los alumnos en estas pruebas, son en forma de tablas o gráficos y, otras veces con dibujos y otras más mediante la descripción de un proceso de experimentación; también, preguntas de respuesta abierta, cerrada o elección múltiple. A cada pregunta se le asigna una puntuación según sea su nivel de dificultad, la cual le corresponde un nivel de competencia: explicar fenómenos científicamente, evaluar y diseñar experimentos y preguntas científicamente, interpretar datos y pruebas científicamente (OCDE, 2002; 2004; 2012; INEE, 2007; 2010; 2015).

² Por sus siglas en inglés

Para mostrar la naturaleza de estas preguntas, retomo un ejemplo de la prueba aplicada en 2015 (Figura 1.1):

Figura 1.1

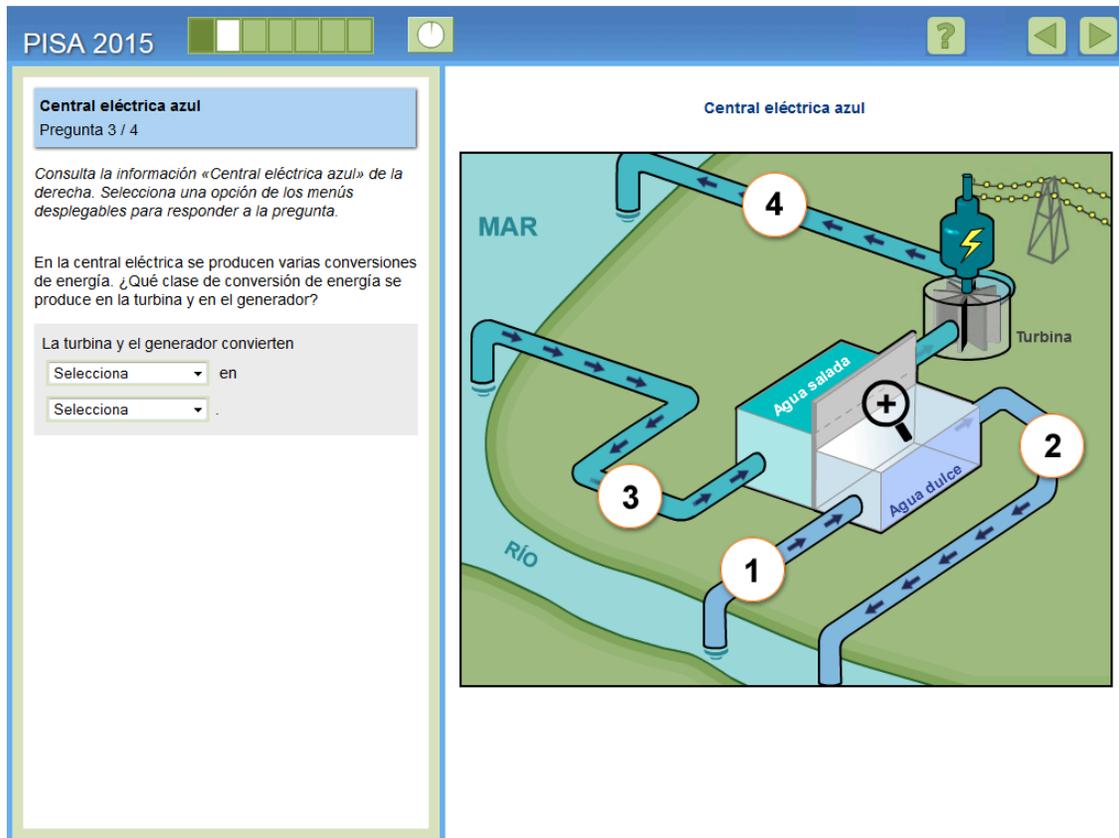


Figura 1.1 Ítem de la prueba PISA 2015. Tomado de: OECD Programme for International Student Assessment, (2015:25).

En la Figura 1.1, cada menú desplegable da cuatro tipos de energía: gravitatoria, potencial, cinética y eléctrica. Interpretando el diagrama, la respuesta sería que la turbina y el generador convierten la energía cinética en eléctrica.

La dificultad o ‘exigencia cognitiva’ de cada pregunta reside en su grado de complejidad, del conocimiento que se tenga del contenido, y de las operaciones cognitivas que se requieran. Se trata de una pregunta de nivel ‘medio’: “Se usa y aplica conocimiento conceptual para describir o explicar fenómenos, seleccionar procedimientos adecuados que implican dos o más pasos, organizar o mostrar datos, interpretar o usar conjuntos de datos” (OECD Programme for

International Student Assessment, 2015:6). En esta prueba no basta con aprender de memoria los conceptos para ser exitoso en la evaluación, sino que requiere de la comprensión del asunto y la aplicación del conocimiento.

En cada ciclo de aplicación se enfatiza uno de los tres dominios de evaluación -ciencias, matemáticas y lectura-, y los otros son evaluados con menor profundidad. Por ejemplo, en el año 2000 el principal dominio fue Lectura, en el 2003 Matemáticas, en el 2006 Ciencias y en 2009 se regresa a Lectura, y así sucesivamente. La aptitud que mide PISA para ciencias se relaciona con la capacidad de pensar científicamente en un mundo en el que la ciencia y la tecnología dan forma a la vida y que exige la aplicación de dicho conocimiento y no sólo la mera memorización de conceptos. Dicha aptitud requiere de la comprensión de conceptos científicos así como de la habilidad para aplicarlos con perspectiva científica. En la Tabla 1.1 presento los resultados obtenidos por México en Ciencias y otros países en la prueba PISA a partir del año 2000:

Tabla 1.1
Resultados para México en la prueba PISA en Ciencias³, comparándolo con la media de la OCDE y con otros países con niveles de desarrollo similares.

	Prueba PISA					
	2000	2003	2006	2009	2012	2015
Chile			438	447	445	447
Costa Rica					429	420
Uruguay		438	428	427	416	435
México	422	405	410	416	415	412
Argentina			391	401	406	
Brasil	375	390	390	405	405	401
Colombia			388	402	399	416
Perú				369	373	397
Promedio OCDE	500	500	500	501	501	493

³ Tomados de: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2002); Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2004); Instituto Nacional de Evaluación Educativa (2007); Instituto Nacional de Evaluación Educativa (2010); Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2012); Instituto Nacional de Evaluación Educativa (2015).

La evaluación de las competencias científicas se concretiza en que lo estudiado en el currículo escolar se vea reflejado en el contexto del estudiante; por lo que PISA, a partir de 2009 distingue siete niveles de desempeño (Instituto Nacional de Evaluación Educativa, 2015): en orden descendente 6, 5, 4, 3, 2, 1a y 1b. Nuestro país se encuentra en su gran mayoría en los niveles 1a, 1b y 2. En los niveles 1a y 1b “Los estudiantes en estos niveles tienen algunas competencias, pero no alcanzan el mínimo necesario para acceder a estudios superiores o desempeñarse adecuadamente en la sociedad del conocimiento” (INEE, 2015:45). En el nivel 2 “representa el mínimo para que un estudiante se desempeñe adecuadamente en la sociedad contemporánea y pueda aspirar a hacer estudios superiores” (INEE, 2015:45). En ambos niveles, se encuentran estudiantes que tienen un conocimiento tan limitado que sólo pueden aplicarlo a unas pocas situaciones que le sean familiares; dan explicaciones científicas obvias que se derivan explícitamente de las evidencias dadas.

Por lo tanto, si queremos mejorar la educación científica en nuestro país, podemos realizar algunos aportes en cuanto al proceso de enseñar ciencias; ya que uno de los problemas de aprendizaje requieren generalmente un abordaje de cómo se realiza la enseñanza. En la mayoría de los casos, se solicita primordialmente la memorización de conceptos, lo cual resulta lógico que cuando se demanda al estudiante la comprensión y aplicación de los mismos, no resulte exitoso en tal ejercicio. Si bien los resultados de PISA para Ciencias sólo conciernen los relativos a los años 2006 y 2015, de ellos puede conjeturarse un posible estado de la enseñanza de las Ciencias, a partir de los resultados de aprendizaje de los alumnos. Así lo mencionan Juárez, Juárez, Martínez y Juárez (2004:45): “La educación científica que se imparte en nuestro país en todos sus niveles atraviesa por una pronunciada crisis. Aunque las causas de ésta son diversas, consideramos que el no incorporar en los programas de estudio los últimos desarrollos

científicos y las nuevas propuestas psicopedagógicas sobre la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia contribuye de manera definitiva a mantener dicho estado”.

Con lo presentado anteriormente, puedo decir que, nuestro nivel educativo en ciencias a nivel internacional es muy deficiente, puesto que está muy por debajo de la media que evalúa la prueba PISA, a pesar de que en el currículo se abordan temáticas y propuestas estratégicas necesarias para proporcionar a la población estudiantil una formación básica. Entonces ¿Por qué no se logran resultados favorables?, ¿Las causas a este problema se encuentra en la enseñanza o en el aprendizaje?. En este trabajo trataré de dar respuesta a estas cuestiones.

Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares (ENLACE)

La prueba ENLACE era un programa de la Secretaría de Educación Pública cuyo objetivo permitía obtener un diagnóstico del trabajo escolar por cada alumno evaluado en las materias instrumentales básicas.

A continuación, muestro un ítem de lo que demandaba esta prueba en el área de Ciencias:

En un experimento en clase se acercó una hoja de papel a la pantalla de una televisión de cinescopio y se pudo apreciar que la hoja quedaba adherida a la pantalla; si se alejaba ligeramente la hoja de la pantalla ésta se caía. ¿Cuál de las siguientes opciones explica este fenómeno?

- A. Los electrones de la pantalla atraen a los electrones de la hoja de papel.
- B. La fuerza entre las cargas de la pantalla y las cargas del papel aumentan al aumentar la separación entre ambas.
- C. Los electrones de la pantalla atraen a los protones de la hoja de papel.
- D. La fuerza entre las cargas de la pantalla y las cargas del papel disminuye al disminuir la separación entre ambas.

Como puede verse, la prueba no exigía al alumno explicar, y mucho menos argumentar acerca del fenómeno, sino elegir una de las posibles explicaciones -lo que tal vez para el alumno significaba solamente recordar alguna definición aprendida en clase-, sólo se le permitía elegir la respuesta que -desde el punto de vista del autor del reactivo- explicaba mejor el problema y/o fenómeno.

En la Tabla 1.2 presento los resultados en dicha prueba en el área de Ciencias, aplicada en 2008 y 2012 para estudiantes de educación secundaria:

Tabla 1.2
Promedio de porcentaje de alumnos que se ubican por nivel en la prueba ENLACE de Ciencias en secundaria, en la CDMX y Estado de México en 2008 y 2012.

Nivel	% Promedio de alumnos en la CDMX y Estado de México en Ciencias en Secundaria	
	2008	2012
Insuficiente	14.5	15.1
Elemental	60.3	58.1
Bueno	24.7	51.8
Excelente	0.8	1.0

De acuerdo con la Tabla anterior, cerca del 74% de estos estudiantes tuvieron un nivel de logro ‘insuficiente’ (pues se identifica que ‘necesitan adquirir los conocimientos y desarrollar las habilidades de la asignatura evaluada’) y ‘elemental’ (pues ‘requieren fortalecer la mayoría de los conocimientos y desarrollar las habilidades de la asignatura evaluada’). Por ello, considero que se deben generar acciones que reorienten el sentido de la enseñanza y mejoren el desempeño cognitivo de nuestros estudiantes.

1.2 Construcción del Problema para esta Investigación

En este trabajo me propongo dar a conocer los modelos que los alumnos de secundaria pueden construir al explicar los fenómenos electrostáticos en condiciones de clase. Así como también, el utilizar un dispositivo teórico-metodológico llamado Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) (López-Mota y Moreno-Arcuri, 2014), que sirva para diseñar secuencias didácticas (SD) y validar la posibilidad de logro al constituirse en una hipótesis probada.

Los planes y programas de estudio oficiales de la SEP (2011), señalan que la enseñanza de las ciencias se basa en el uso de modelos:

“En el curso de Ciencias II el estudio de los fenómenos físicos está orientado a favorecer la construcción y aplicación de los conocimientos en situaciones de la vida cotidiana, con base en la representación de los fenómenos y procesos naturales, y el uso de conceptos, modelos y del lenguaje científico” (SEP, 2011:16).

En el Nuevo Modelo Educativo (2017), también señala que uno de los elementos que el estudiante que egresa del nivel educativo de secundaria y con el que deberá contar consiste en que “[...]emplea modelos para representar los fenómenos” (p. 27). Esta mención tan reciente por la autoridad educativa, la enseñanza por modelos y la construcción de los mismos dentro del aula, es un campo que ha comenzado a ser estudiado recientemente en México por los especialistas en Didáctica de las Ciencias, pero poco conocido por los docentes. Es por ello que todavía es prematuro tomarla como un asunto consolidado en el campo. Con la presente investigación pretendo aportar una visión de las bondades de utilizar los modelos y la modelización de los fenómenos naturales como medio de enseñanza para un aprendizaje efectivo; que desaliente la memorización de contenidos, y permita tener una visión más argumentativa de la ciencia y lograr que mediante ella los alumnos puedan explicar y predecir

fenómenos -en el caso que nos ocupa, los electrostáticos-.

Finalmente, cabe mencionar que, aunque no es uno de los propósitos de este trabajo, la enseñanza mediante la construcción de modelos también pudiera mostrar una debilidad en la conformación curricular, ya que los programas curriculares suelen estar presentados en bloques, aprendizajes esperados y contenidos temáticos, no en forma de modelos a ser abordados, por lo que este proyecto pudiera contribuir en la manera de construir el currículo en la enseñanza secundaria.

1.3 Abordaje del Problema y Justificación de su Estudio

Los investigadores en Educación en Ciencias hacen hincapié que la comunicación entre el profesor de ciencias y sus estudiantes presenta ciertas dificultades, como por ejemplo, que el profesor utiliza un ‘lenguaje científico’ y los alumnos un ‘lenguaje cotidiano’; porque los profesores -los expertos- y sus alumnos -los novatos- poseen modelos muy diferentes y los utilizan de manera distinta (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001). En este sentido, aprender ciencias en la escuela requiere ‘reconstruir’ los contenidos científicos por medio de una imagen didáctica adecuada. En este caso, parece muy atractiva la idea de postular el logro de un modelo científico de carácter escolar, que permita el diseño de una SD fundamentada en la modelización y así, posibilite que el alumno pueda construir un modelo postulado, y desplegar comportamientos cognitivos apropiados para alcanzarlo.

Con este trabajo pretendo aportar nuevos conocimientos con respecto a las ideas que tienen los estudiantes de 13-14 años de edad sobre los fenómenos electrostáticos. Principalmente resulta importante reportar cómo se van construyendo dichos modelos a lo largo de una SD -

previamente diseñada bajo el enfoque de la modelización-, así como los modelos que se lograron al final de ella; y además, qué tanto se acercaron a un referente propuesto, y qué tanto se distanciaron de los modelos iniciales construidos al comenzar el desarrollo de la SD.

La actividad científica escolar alrededor de modelos, permite a los estudiantes comprender, más que memorizar, los contenidos vistos en clase. También posibilita al alumno construir y apropiarse de herramientas cognitivas para el aprendizaje de las ciencias en el aula (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009:47). Así mismo, se pueden identificar factores importantes que inciden en el aprendizaje y ha posibilitado la elaboración de propuestas curriculares (Tamayo, 2013), por lo que este trabajo de investigación pudiera hacer aportes al currículo en el tema de electrostática; dando cuenta de los conocimientos que se pueden construir con una SD probada en clase.

Con base en ello, resalto la importancia de buscar propuestas que traten de favorecer el aprendizaje por comprensión -más que memorización-. Es claro que este tipo de propuestas no consisten en 'recetas' que los profesores de secundaria puedan seguir para enseñar a pensar en forma de modelos en el aula sobre los fenómenos electrostáticos, sino de sustentar la enseñanza de las ciencias en la modelización. En este trabajo tendrá el propósito de exponer los argumentos que justifiquen la importancia de la construcción de modelos y su papel en la enseñanza de las ciencias; así como los logros alcanzados al ponerlos en juego en una SD.

Por ello, pretendo aportar elementos que contribuyan a conocer los modelos iniciales de los alumnos sobre fenómenos electrostáticos, identificar aquellos que se vayan construyendo en distintas etapas didácticas y presentar y analizar los que al final de la SD se pueden lograr por los estudiantes de secundaria. Así también, reportaré el proceso de modelización en el desarrollo de la SD. Por eso es importante que esta propuesta sea llevada al cabo y funcione como un aporte

para que otros investigadores y especialistas de la Educación en Ciencias puedan hacer uso de ella. Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, pretendo darle respuesta a lo siguiente:

- ¿Cuáles son los modelos iniciales de los estudiantes de secundaria acerca de los fenómenos electrostáticos?
- ¿Cómo se transforman sus modelos durante una SD basada en la modelización?
- ¿Qué tanto logran los estudiantes alcanzar el referente propuesto denominado Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA)?
- ¿Qué tanto difieren los modelos logrados por los estudiantes en clase, de aquellos identificados como modelos iniciales y del referente propuesto -MCEA-?
- ¿Qué tanto se mantienen en el tiempo los modelos que los estudiantes lograron construir al final de la SD?

1.4 Propósitos de esta Investigación

- Conocer los modelos iniciales de los estudiantes de secundaria relativos a los fenómenos electrostáticos (Modelo Estudiantil Inicial) y saber cuál el ‘punto de partida’ al iniciar la SD.
- Conocer cuánto difieren los modelos iniciales de los estudiantes del considerado como el referente propuesto (Modelo Científico Escolar de Arribo), y cómo se van transformando a lo largo de las fases de la SD.
- Validar la hipótesis directriz propuesta -Modelo Científico Escolar de Arribo, así como el diseño y desarrollo de la SD.
- Conocer qué tanto se mantienen -tiempo después- los modelos logrados por los estudiantes al finalizar la SD.

2. Revisión de la Literatura

2.1 Antecedentes: El Pensamiento de los Sujetos sobre Fenómenos Electrostáticos

Desde antes de su proceso de escolarización, un estudiante va formando un ‘modelo’ que corresponde a la forma en cómo interpreta los fenómenos que suceden a su alrededor y los que en la escuela se le van presentando. Este modelo está guiado “por la percepción y tienden [los estudiantes] a ignorar lo que no es directamente observable” (Prieto y Blanco, 1997:38), es decir, aceptan sólo lo que puedan comprobar por medio de sus sentidos; y sólo esto es válido para ellos. Así, en el estudio de los fenómenos electrostáticos no pueden ‘*ver*’ lo que sucede a nivel microscópico, por lo que recaen en observar algún cambio a nivel macroscópico, lo cual afecta la construcción de su modelo.

Muchos de los profesores que imparten Física en educación secundaria -como yo- hacemos hincapié en lo complicado que resulta para los alumnos la construcción del conocimiento en relación con el fenómeno del electromagnetismo. Así también lo muestran las investigaciones que han contribuido al campo de la Educación en Ciencias, que a la fecha se han realizado y que mostraré más adelante. En una primera revisión de la literatura, existe ya una estrategia didáctica diseñada, aplicada y reportada por mí como tesis de maestría: “Diseño de una estrategia didáctica para propiciar el cambio conceptual sobre Electrostática en alumnos de secundaria” (Pereda, 2008). Algunos otros trabajos relacionados con el tema de electrostática se han desarrollado a nivel de bachillerato: Furió y Guisasola (1998 y 1999), Guisasola y Furió (1994), Criado y Cañal (2002), y algunas otras (Tabla 2.1), en éstos se reportan las ideas de los sujetos sobre dicha temática; además de considerar la importancia de la enseñanza y aprendizaje de la electricidad y de los fenómenos electrostáticos. Otro aspecto a considerar es que este tema aparece en los planes y programas del mundo entero, desde educación básica hasta niveles

universitarios. Aunque se han hecho algunas aportaciones al campo, falta mucho para lograr cambios notables y fructíferos en el aula, desde la transformación de las ideas de los estudiantes hasta cambios en los formadores de docentes y en los docentes mismos.

En la Tabla 2.1 resumo y comparo las investigaciones realizadas en la manera de pensar en sujetos de diferentes edades y niveles de escolarización sobre los fenómenos electrostáticos:

Tabla 2.1
Revisión de trabajos de investigación que dan a conocer la manera de pensar de los sujetos sobre los fenómenos electrostáticos.

Autor(es)	Propósito	Población	Metodología
Osborne, Black, Smith y Meadows (1991)	Explorar la naturaleza de la comprensión de los niños sobre el tema de la electricidad y conceptos asociados a ésta.	Tres grupos de niños de 5-7, 8-9 y 10-11 años de edad. -Inglaterra-	Uno o dos profesores de seis diferentes escuelas, participaron en el proyecto. En cada escuela fue asignado a un miembro de la investigación que trabajó en estrecha colaboración con el profesor.
Caillot y Nguyen Xuan (1993)	Cómo los trabajadores y empleados entienden situaciones cotidianas de electrostática o electricidad.	19 Trabajadores y empleados de Bull Company y 14 empleados de una compañía de electricidad. -Francia-	Se recolectaron datos mediante entrevistas clínicas basadas en situaciones relativas y cotidianas a la electrostática. El análisis se realizó en el marco de modelos mentales.
Guisasola y Furió (1994) Furió y Guisasola (1998, 1999) Furió, Guisasola, y Zubimendi (1998)	Conocer y reportar las concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática; carga y campo eléctrico; e interpretación newtoniana de fenómenos electrostáticos.	Estudiantes de nivel Media Superior (17-18 años) y del primer y tercer ciclo de enseñanza universitaria. -España-	Elaboración de cuestionarios y entrevistas para la detección de las concepciones alternativas.

Criado y Cañal (2002)	Conocer y reportar los obstáculos para aprender conceptos elementales de electrostática y propuestas educativas.	Estudiantes de 6 años de edad hasta universitarios, y alumnos de Magisterio. -España-	Se enlistan y analizan estos obstáculos para aprender conceptos elementales de electrostática y con base en ello, se proponen algunas alternativas para mejorar el aprendizaje de cada uno de los obstáculos detectados.
Pereda (2008)	Propiciar el cambio conceptual en el tema de electrostática con estudiantes de secundaria.	Estudiantes de segundo grado de secundaria (13-14 años de edad). -México-	Se diseñó y aplicó una estrategia didáctica basada en el cambio conceptual para transformar las ideas previas de los estudiantes sobre electrostática.
García-Carmona (2010)	Se aplica una propuesta didáctica, orientada a enseñar el comportamiento eléctrico de materiales sólidos.	60 estudiantes de 3° de ESO -Educación Secundaria Obligatoria- (14-15 años de edad) -España-	Se evalúa la propuesta didáctica y se realiza un estudio de caso exploratorio con en el que se analizan sus niveles de comprensión y principales dificultades de aprendizaje.
Azaiza, Bar, Awad, y Khalil (2012)	Investigar la visión que tienen los estudiantes sobre algunos fenómenos naturales relacionados con electricidad. Se incluyeron fenómenos que no se relacionan, para averiguar hasta qué punto los alumnos atribuyen estos fenómenos a la electricidad.	60 estudiantes de cuarto grado (9- 10 años de edad), y los mismos estudiantes en sexto grado (11-12 años de edad). -Israel-	Los estudiantes fueron interrogados antes y después de recibir la instrucción en 4° grado; posteriormente, al final del 6° grado.

La Investigación Realizada por Osborne, et. al. (1991)

Estos autores reportan las ideas de niños de 5 a 11 años de edad, han adquirido a través de su experiencia, sobre la electricidad y electrostática, y si el trabajo cotidiano en el aula podría cambiar las ideas de estos niños a unas más cercanas a las propuestas en el currículo. Uno de los aspectos rescatables de este trabajo es que los autores resaltan las propiedades que estos niños expresan acerca de la electricidad: una de ellas es que la electricidad es una ‘sustancia’ que hace funcionar aparatos presentes en su vida diaria, y que además, reconocen como un peligro al

entrar en contacto con ella. Otras ideas presentes en estos niños sobre la electricidad es que “la electricidad no se puede ver” (Osborne, et. al.,1991).

Esta investigación permite confirmar que posiblemente los estudiantes no relacionen la electricidad con la electrostática, y que la transformación de las ideas de estos niños muestran cierto grado de efectividad aunque, señalan los autores, que hay algunos efectos positivos pero no significantes, pues en los resultados obtenidos predominaba una visión del mundo de la electricidad basada en observaciones simples y experiencias de primera mano. Lo único que pareció comprenderse, aunque de manera muy débil fueron las propiedades de algunos materiales conductores y aislantes.

Investigación de Caillot, et. al. (1993)

Estos autores presentan los modelos mentales de algunos sujetos en edad adulta (empleados de una compañía donde se fabricaban computadoras y otra relacionada con la industria eléctrica), con formación básica y media, además de una capacitación sobre electricidad que recibieron en sus respectivos trabajos. Estos autores señalan la importancia del “conocimiento aprendido fuera de cualquier escuela y que esta profundamente arraigado con la experiencia adquirida en el mundo real” (Caillot, et. al.,1993).

Ellos decidieron analizar los resultados como modelos mentales desde la perspectiva de Donald A. Norman (1983); además de considerar que éstos “tienen un poder predictivo y explicativo suficiente para actuar en el mundo, la vida cotidiana y en el trabajo” (p. 7). Los modelos mentales que dan a conocer son los siguientes (Tablas 2.2 y 2.3):

Tabla 2.2

Modelos mentales relativos a la electricidad estática: Origen de la electricidad estática (Caillot, et. al.;1993).

Modelos mentales	Características del Modelo
<p>“Se puede encontrar en el aire, ya sea por un clima tormentoso o caluroso”.</p> <p>“Puede estar presente en los talleres de la fábrica”.</p>	<p>El origen de la electricidad estática ‘puede ser misterioso’ y puede producir descargas [eléctricas] sin advertencia, ya que cualquier parte del entorno puede ser fuente de estos ‘toques’.</p>
<p>Se puede encontrar en objetos portadores de electricidad: “En la ropa de nylon”, “En los asientos de automóviles”, “En los artefactos hechos de plástico (como un peine atrayendo trozos de papel)”.</p> <p>Materiales u objetos ‘antiestáticos’: “Los que están hechos de madera”, “El suavizante de telas”.</p>	<p>La clasificación en estos dos grupos de materiales se usó el criterio si provocan un ‘toque’ fuerte cuando se toca.</p>
<p>“Cuando me quito la ropa interior [femenina]. Esto proporciona electricidad”.</p> <p>“Moviendo cajas. Mientras más las movemos, más electricidad”.</p>	<p>La electricidad estática es el resultado de un proceso, y es producida por algo moviéndose.</p>
<p>“Puede ser que sea la fricción entre el cuerpo y el aire... que produce ...cargas”.</p>	<p>La electricidad estática se produce cuando dos objetos se mueven produciendo fricción.</p>

Tabla 2.3

Modelos mentales relativos a la electricidad estática: Descargas de la electricidad estática (Caillot, et. al.;1993).

Modelos Mentales	Características del Modelo
<p>“...tocando el carro con nuestros guardapolvos, [la electricidad estática] pasa a través de nosotros. Así se detiene”.</p>	<p>Los sujetos utilizaron inconscientemente una metáfora de agua o fluido para modelar lo que sucede con esta carga eléctrica en exceso.</p>
<p>“Si toco un carro cargado, recibo una descarga eléctrica, por lo que me estoy cargando a mi mismo... y [después] las cargas eléctricas se pierden en la tierra”.</p>	<p>Los sujetos piensan que la ‘serie’ piso-cuerpo humano-carro (o cualquier objeto cargado), son suficientes para descargar y que las cargas eléctricas van al suelo donde se ‘pierden”.</p>

Las Investigaciones de Guisasola y Furió (1994, 1998 y 1999)

Guisasola y Furió (1994) señalan tres factores que consideran como principales dificultades para el aprendizaje en la construcción de explicaciones sobre fenómenos

electrostáticos: El primero de ellos, es la no consideración de las ideas previas de los estudiantes. En este primer aspecto se ha encontrado que los estudiantes utilizan un lenguaje coloquial en contextos científicos, y dan una interpretación muy variada al objeto de estudio en cuestión. Y que al utilizar palabras como carga eléctrica, potencial eléctrico y campo eléctrico, las cuales pertenecen a un contexto científico específico, les parecen desconocidas y raras y, por lo tanto, menos propicias para que se dé el cambio de sus ideas previas -el cual no implica solamente el intercambio de palabras: las científicas por las de uso cotidiano-.

El segundo factor es la no consideración de la evolución histórica de la disciplina y sus conceptos, así como la no consideración de las principales contradicciones que se produjeron durante su desarrollo (Furió, et. al.; 1998). Guisasola y Furió (1994). Estos autores nos hacen ver que “la historia de la ciencia nos puede ayudar a conocer las principales dificultades que hubo que superar para llegar a las teorías actuales” (p. 104). Ellos aclaran que no hay que pretender hacer un paralelismo entre las concepciones erróneas presentadas a lo largo de la historia de la ciencia y las ideas previas que en su mayoría presentan los alumnos, ya que ambas fueron producidas en contextos, situaciones y requerimientos completamente diferentes. Estos investigadores reportan que “las concepciones de los estudiantes tienen algunas características parecidas a los modelos mecanicistas que proponían los científicos de mediados y finales del siglo XVIII, como B. Franklin y W. Watson” (Guisasola y Furió, 1994:111).

Y por último, está la diferencia entre el modelo del alumnos (producto en gran medida de su experiencia) y el modelo curricular, lo que denota una separación entre ellos. La mayoría de las experiencias relativas a la electrostática que han tenido los alumnos son sensoriales: “frotamiento de un bolígrafo y atracción de papelitos, electrización de la carrocería de un coche al desplazarse o la relacionada con una pantalla de televisión” (Furió y Guisasola, 1998:131).

Más aún, dicen estos autores, las ideas que generalmente tienen los alumnos acerca de este tipo de fenómenos físicos “tendrán más componentes *mágicos* y de no aceptación de la naturaleza eléctrica de la materia, que de componentes coherentes con el marco teórico de la teoría electromagnética” (Guisasola y Furió, 1994).

Uno de los problemas que se le podrían presentar al estudiante al no comprender los fenómenos electrostáticos, después de tratar este tema en la escuela, se continúa con temas relacionados como corriente eléctrica y magnetismo; lo que propiciaría no lograr enlazarlos adecuadamente (Furió y Guisasola, 1999). Psillos (1998) señala que los estudiantes “no relacionan los diferentes dominios fenomenológicos de la electrocinética y de la electrostática” (p. 1, E4), pues para ellos no hay relación alguna entre la atracción/repulsión de cuerpos electrificados y un foco encendido.

Los especialistas (Chabay y Sherwood, 1995; Psillos, 1998; Furió y Guisasola, 1999), mencionan que los conceptos implicados en este proyecto de investigación como la electrostática, es de alta demanda cognitiva y debe ser un prerequisite necesario y de clara comprensión a la hora de abordar contenidos científicos como la electrodinámica.

Las Investigaciones de Criado y Cañal (2002)

La principal aportación de estos autores [y Psillos (1998)], señalan que algunos de los obstáculos para aprender conceptos elementales de electrostática pueden ser, primero, una enseñanza deficiente que trae como consecuencia un mal aprendizaje de estos contenidos; por otro lado, el aprendizaje de los alumnos en el que se presentan obstáculos de origen conceptual, ya sea por la complejidad de los mismos conceptos (por tratarse de un fenómeno que tiene su

origen a nivel microscópico) o por la interacción de estos contenidos con el pensamiento del alumno; y también por la utilización de libros de texto con deficiencias conceptuales.

Un Trabajo de Intervención (Pereda, 2008)

En 2008 realicé un trabajo de investigación, para obtener el grado de maestría (Pereda, 2008), en el que diseñé y apliqué una SD en un grupo de 34 estudiantes de segundo grado de secundaria (13-14 años de edad) de una escuela pública en la Ciudad de México. Dicha SD tenía como principal propósito, transformar las ideas previas de este grupo de estudiantes, a unas más cercanas a lo que se proponía en el currículo escolar sobre los fenómenos electrostáticos, y lograr un mejor aprendizaje de los conceptos científicos.

En este trabajo obtuve resultados favorables, pero resulta poco fructífero en cuanto al referente a alcanzar (Currículo escolar), es decir, en el Currículo se presentaba una lista de temas/conceptos que el estudiante ‘debería’ lograr aprender (SEP, 2011), y donde reportaba el cambio [conceptual] que tuvieron estos estudiantes antes y después de haber aplicado la SD, con un pre-test y post-test.

Algunas ideas que manifestaron los estudiantes antes y después de aplicar la SD son las siguientes (Tabla 2.4):

Tabla 4.1

Algunas ideas espontáneas que manifestaron los estudiantes de secundaria (13-14 años de edad) antes de de aplicar la SD para propiciar el cambio conceptual.

Ideas de los estudiantes acerca de ‘pegar’ globos en la pared	
Características de los globos que son atraídos a la pared.	Los globos y el cabello son ligeros Los globos son de plástico Los globos fueron frotados [con el cabello] y tienen electricidad Los globos y la pared eran representados con líneas alrededor de éstos y ‘pegados’ a la pared.

Tabla 2.5

Ideas que manifestaron los estudiantes de secundaria, después de aplicar la SD para propiciar el cambio conceptual.

Ideas de los estudiantes sobre la presencia de algunos fenómenos electrostáticos
“Con un vaso de unicel lo frotas en tu cabello y lo pones en un lugar fijo y lo atraes con la mano.” “Cuando te peinas y alejas el peine del cabello, el cabello es atraído.” “Cuando apagamos el televisor.” “Cuando frotas una pluma o una regla en el cabello y mueves el aluminio o atraes papel.” “Si frotamos dos globos con nuestro cabello y los intentamos unir, se repelen.” “Cuando frotas un globo en tu cabello y lo alejas, el cabello es atraído.” “A veces cuando nos quitamos la ropa trae electricidad o cuando el cabello lo traemos levantado.” “Cuando frotamos nuestros brazos con el cuerpo y tocamos a alguien, damos toques.”

El instrumento que utilicé para conocer las ideas de los estudiantes fue el mismo, antes y después de aplicar la SD, y resultaría *a posteriori* muy limitado para conocer con más detalle dichos cambios. En las Tablas 2.4 y 2.5, los estudiantes describieron, -más que explicar- un fenómeno electrostático, y expresan en su mayoría, a un nivel macroscópico y alejadas de los contenidos científicos.

La Investigación de García-Carmona (2010)

Este autor reporta los resultados obtenidos a partir de una SD aplicada a dos grupos de 3° de ESO, (un grupo de 33 y otro de 27 estudiantes), para analizar sus niveles de comprensión en el comportamiento eléctrico de materiales sólidos y principales dificultades de aprendizaje. Su propuesta de enseñanza toma como base el concepto de ‘Demanda de Aprendizaje’ (Leach y Scott, 2002), y las ‘Hipótesis del conocimiento’, ‘Hipótesis sobre el aprendizaje’ e ‘Hipótesis didáctica’ (Buty, Tiberghien, y Le Maréchal, 2004); además del currículo de física y química de ESO de aquel entonces. Los resultados que reporta, en relación con el fenómeno de inducción eléctrica son:

- a) Algunos consideran que los protones y los electrones pueden moverse en los materiales;
- b) Aunque algunas de sus respuestas se orientan en la línea adecuada, no se deja claro si en la redistribución de las cargas hay o no movimiento de protones; y
- c) Aunque algunos estudiantes explicaron adecuadamente en qué consiste el fenómeno de inducción eléctrica, también describen, lo que pasaría si ambos cuerpos llegaran a ponerse en contacto después de la inducción.

En el mismo trabajo, García-Carmona (2010) señala que los resultados muestran que los estudiantes adquirieron niveles de comprensión moderados, y que “desarrollaron ideas y argumentos en la línea adecuada, aunque con ciertas imprecisiones o equivocaciones” (p. 519).

El Trabajo de Azaiza, et. al. (2012)

Azaiza, et. al. (2012) presentan las explicaciones de un grupo de 60 estudiantes de 4° grado (9-10 años de edad). Con un instrumento recuperaron dichas explicaciones -antes y después de abordar el tema de algunos fenómenos eléctricos-; de acuerdo al currículo

obligatorio, con actividades experimentales, definiciones y discusión en clase. Después de 15 meses, cuando este grupo se encontraba en 6° grado (11-12 años de edad), nuevamente recuperan las explicaciones de los estudiantes, -antes y después de abordar el tema de fenómenos eléctricos-.

Uno de los propósitos de esta investigación fue conocer cómo cambiaron las explicaciones del 4° al 6° grado, y poder sugerir diferentes enfoques en la enseñanza de los fenómenos eléctricos y electrostáticos. Como el currículo de 4° grado toca temas relativos a los fenómenos electrostáticos, la profesora del grupo lo abordó desde el tema ‘Truenos y Relámpagos’. Cuando los estudiantes se encontraban en 6° grado, abordaron algunos fenómenos electrostáticos como: el trueno y el relámpago, frotar un peine con el cabello y al quitarse el suéter. En las Tablas 2.6, 2.7 y 2.8, presento las ideas los autores encontraron en los estudiantes de 4° y 6° grado sobre los fenómenos electrostáticos, y que clasificaron de acuerdo a esquemas según Piaget: Descriptivo, Personificación, Teleológico, Causalidad, No-Natural.

Tabla 2.6
Ideas que presentan estudiantes de 9-12 años sobre algunos fenómenos electrostáticos -Truenos y Relámpagos-, de acuerdo a la investigación de Azaiza, et. al. (2012).

Esquema según Piaget (Azaiza, et. al., 2012)	Truenos y Relámpagos	
	4° Grado	6° Grado
Descriptivo	“El relámpago es luz, y el trueno es sonido”.	“El relámpago ilumina el cielo y el trueno hace un sonido”.
Personificación	“Las nubes lloran y están enojadas”.	
Teleológico	“El relámpago avisa que la lluvia/primavera se acerca”. “El relámpago da la lluvia”.	
Causalidad	“El viento causa un choque entre las nubes”. “Ocurren cuando las nubes están chocando”. “Cuando las nubes están juntas”.	“Ocurren cuando las nubes chocan, entonces se origina la electricidad estática”.
No-Natural	“Este fenómeno es santificado y voluntad de Dios”. “Nos indica que Dios esta enojado”.	“Fenómeno que indica que la lluvia se acerca y es bendición de Dios”.

Tabla 2.7

Ideas que presentan estudiantes de 9-12 años sobre algunos fenómenos electrostáticos -Quitarse el suéter-, de acuerdo a la investigación de Azaiza, et. al. (2012).

Esquema según Piaget (Azaiza, et. al., 2012)	Quitarse el suéter	
	4° Grado	6° Grado
Descriptivo		
Personificación	“Los mosquitos hacen ese ruido”.	
Teleológico		
Causalidad		“Cuando la lana toca el cabello se obtienen chispas que dan los electrones”. “La fricción la crea (electricidad) de un hilo conductor. Cuando se acerca a nuestro cuerpo sentimos un corto circuito”.
No-Natural		

Tabla 2.8

Ideas que presentan estudiantes de 9-12 años sobre algunos fenómenos electrostáticos -Frotar un peine con el cabello-, de acuerdo a la investigación de Azaiza, et. al. (2012).

Esquema según Piaget (Azaiza, et. al., 2012)	Frotar un peine con el cabello	
	4° Grado	6° Grado
Descriptivo		
Personificación		
Teleológico		
Causalidad		“Porque de la fricción entre el cabello y el peine, obtenemos la electricidad estática que escuchamos”.
No-Natural	“El cabello se eleva a Dios”.	

Los autores señalan que algunas concepciones de los estudiantes de 4° grado eran típicas en estudiantes de su edad y grado escolar, pues es muy notoria las explicaciones religiosas que los niños dan a los fenómenos naturales. Ya en 6° grado, se muestra cómo los estudiantes

relacionaban sus creencias y tradiciones con la explicación científica aprendida. Los autores hacen hincapié en introducir los fenómenos electrostáticos en edades tempranas y que sean interiorizadas por los estudiantes como una base de la comprensión y uso de la electricidad. Este trabajo es una muestra de cómo y qué tanto permanecen en el tiempo las ideas de los estudiantes acerca de los fenómenos eléctricos y/o electrostáticos. Resulta importante conocer la estabilidad en las ideas de los estudiantes para conocer qué tanto o qué elementos permanecieron después de 15 meses de haber abordado los fenómenos en cuestión.

En la presente investigación, también mostraré y analizaré qué tanto permanecen los modelos que los estudiantes construyeron al final de la secuencia didáctica, después de cierto tiempo. Esto me dará pie a analizar la trayectoria de sus modelos, a qué se debe la permanencia de ciertos elementos, qué fue lo que no permaneció y por qué.

2.2 Secuencias Didácticas Basadas en Modelos y Modelización

Los trabajos que han desarrollado SD basadas en la Modelización para abordar fenómenos físicos, y específicamente, los fenómenos electrostáticos, resulta escasa y hasta nula. Lo que demuestra lo poco que ha sido abordado este asunto en educación básica.

Una SD cercana al presente trabajo de investigación, y que resulta una opción para orientar la que desarrollaré más adelante, es la que se muestra en la Tabla 2.8, pues gira en torno a la modelización de fenómenos eléctricos:

Tabla 2.9

SD basada en la modelización para abordar la corriente eléctrica en estudiantes de secundaria básica. Tomado de *The National Strategies. Secondary* (2008).

Autor	Propósito	Población	Metodología
The National Strategies Secondary	Desarrollar en los estudiantes una comprensión significativa de un modelo científico para explicar el funcionamiento de los circuitos eléctricos y puedan aplicar sus conocimientos a una gama de circuitos en series y paralelos.	Estudiantes de secundaria básica, 15-16 años de edad. (Key Stage 3: Energía, electricidad y fuerzas. La corriente eléctrica en circuitos puede producir una variedad de efectos). -Ucrania-	La secuencia implica: Introducir una analogía que establece vínculos con las ideas existentes de los alumnos y el modelo científico a desarrollar del circuito eléctrico. Evaluar el Aprendizaje a través de preguntas de diagnóstico. Incitar a los estudiantes a reflexionar sobre su progreso general en el aprendizaje desde el comienzo hasta el final de la secuencia.

La SD mostrada anteriormente (Tabla 2.9) se enfoca en una enseñanza que implica moverse entre el mundo de los modelos -incluyendo el modelo de circuito eléctrico científico- y las analogías, y el mundo real de la observación y la medición. De acuerdo con la Figura 2.1, la SD se desarrolla de la siguiente manera:

Figura 2.1

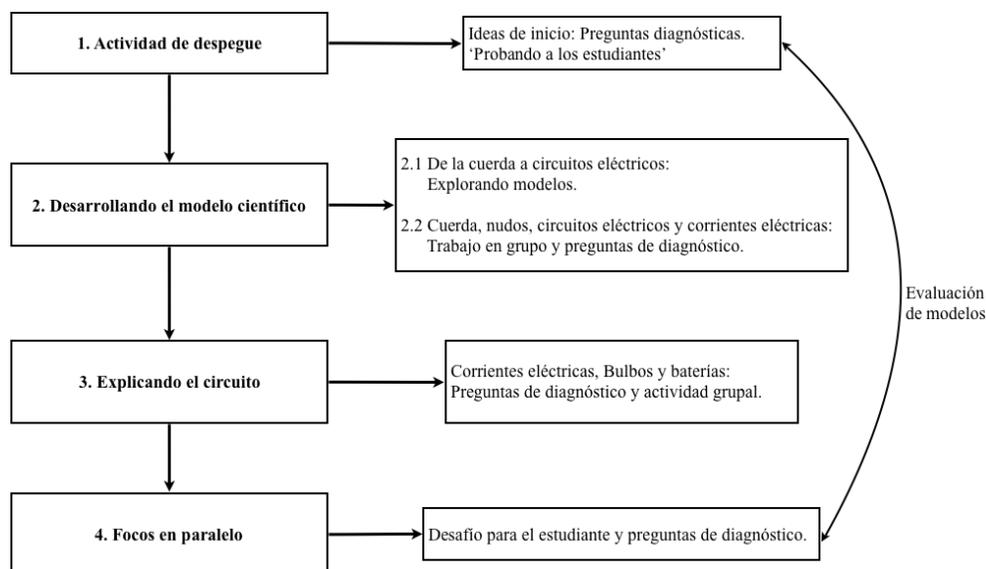


Figura 2.1 SD para abordar la corriente eléctrica en educación secundaria básica. Tomada de: *The National Strategies. Secondary* (2008:6).

La SD comienza con una ‘Actividad de despegue’ para motivar a los estudiantes a comentar sus ideas existentes sobre los circuitos eléctricos -cabe señalar que, al aplicar esta secuencia, los estudiantes ya abordaron previamente algunos conceptos de electricidad-. Se muestra un circuito eléctrico simple y se les solicita a los estudiantes que compartan sus ideas por parejas y las registren.

En las Fases 2 y 3 el profesor muestra un circuito más complejo e introduce una analogía utilizando una cuerda con nudos distribuidos a lo largo de ésta, cuestiona a los estudiantes sobre ésta y el circuito eléctrico. Al mismo tiempo, va introduciendo conceptos como: energía, el papel de la batería y el foco en el circuito, el flujo de cargas y corriente eléctrica. Posteriormente, les pide a los estudiantes que construyan algunos circuitos simples utilizando diferente número de baterías y focos, tomando en cuenta el brillo de éstos, y la medición con un amperímetro, cuestionando a los estudiantes y registrando sus explicaciones.

En la Fase 4 los estudiantes construyen un circuito en paralelo cambiando el número de focos y el orden de los cables. El profesor cuestiona a los estudiantes sobre los fenómenos a observar y registran sus explicaciones. Al finalizar la SD, el profesor lleva de nueva cuenta a los estudiantes a la ‘Actividad de despegue’, en la cual cada estudiante anotó sus ideas y donde tienen la oportunidad de evaluar qué tan lejos estaban de su pensamiento actual.

2.3 Lo Que Hasta Ahora se Conoce

Con las indagaciones anteriormente presentadas, concluyo lo siguiente:

Existen investigaciones que reportan la manera de pensar de los sujetos acerca de los fenómenos electrostáticos, desde edades tempranas (5-7 años de edad), hasta la edad adulta

(Osborne, et. al. 1991; Caillot y Nguyen, 1993; Guisasola y Furió, 1994; Pereda, 2008; Azaiza, et. al. 2012). Lo que resulta muy importante para investigaciones futuras.

También existen algunas investigaciones que dan a conocer los resultados al haber aplicado y sugerido algunos enfoques y alternativas para la enseñanza y aprendizaje de los fenómenos electrostáticos en el nivel secundaria, bachillerato y universitario (Pereda, 2008; Criado y Cañal, 2002; García-Carmona, 2010).

El uso de los modelos es utilizado sólo en la investigación de Caillot y Nguyen (1993), aunque sólo para reportarlos como los modelos que tienen los adultos sobre fenómenos electrostáticos.

Las SD encontradas (Pereda, 2008; García-Carmona, 2010) utilizan el enfoque del Cambio conceptual y Demanda de Aprendizaje, respectivamente. Dichas SD no han resultado suficientes para que los estudiantes logren construir conocimientos que puedan acercarse, todavía más, a los conocimientos científicos. Existe una propuesta de SD basada en los modelos y la modelización pero no muestra evidencias de sus resultados, además de que su finalidad es la construcción de modelos científicos escolares sobre fenómenos electrodinámicos con estudiantes de secundaria básica.

Con lo expuesto anteriormente, concluyo que la electricidad es un tema importante en todo tipo de escolarización básica, puesto que aparece en los programas de estudio del mundo entero (Psillos, 1998). Y como lo mencionan Azaiza, et. al. (2012) “la electricidad es un dominio especial de aprendizaje, comúnmente utilizado en nuestra vida cotidiana y la base de nuestra tecnología” (p. 1354).

En los estudios sobre la enseñanza de la electricidad y de los fenómenos electrostáticos, se han encontrado gran cantidad de dificultades sobre el aprendizaje de esta rama de la física

(Duit y Von Rhöneck, 1998). Una de las razones, es “la existencia de la carga eléctrica (responsable de la interacción eléctrica) no nos resulta siempre evidente” (Serrano y Hurtado, 2013). En el aula, los estudiantes no pueden ‘ver’ lo que sucede a nivel microscópico, por lo que recaen en observar algún cambio a nivel macroscópico; lo cual, afecta la construcción de un modelo cercano al científico. Es por ello que, como lo mencionan Serrano y Hurtado (2013): “la carga es una propiedad oculta de la materia, por lo que cualquier experiencia que la ponga de manifiesto y permita su estudio es extraordinariamente útil en la comprensión de los fenómenos eléctricos” (p. 110).

La comprensión de estos fenómenos es importante en la educación científica escolar, ya que “una clara comprensión de los conceptos introducidos en electrostática es esencial si uno quiere adquirir una visión científica de los fenómenos electromagnéticos” (Furió y Guisasola, 1999:442). Además, las fuerzas eléctricas determinan las propiedades y el comportamiento de toda la materia, como por ejemplo: el enlace químico, el funcionamiento de una célula, los estados de agregación de alguna sustancia (Serrano y Hurtado, 2013).

Con todo esto, he optado por los fenómenos electrostáticos porque la literatura resulta prácticamente inexistente para dar respuesta a las preguntas de investigación del presente trabajo. Es por ello que, en los siguientes capítulos se propone una secuencia didáctica sustentada en la construcción de modelos y la modelización, para aplicarla con estudiantes de secundaria, y abordar los fenómenos electrostáticos. Esto permitirá conocer los modelos que tienen los estudiantes sobre dichos fenómenos, antes, durante y después de haber aplicado la SD. Además, se reportarán los modelos que logren construir al final de ésta y qué tanto se llegan a mantener en el tiempo.

3. Marco Teórico

En este capítulo muestro la visión de enseñanza y aprendizaje de las ciencias que adopté para este trabajo, y desde dónde podría enfrentarse el problema planteado y mencionado en el Capítulo 1. La manera en que abordo el sustento teórico de esta investigación será en tres apartados:

- 3.1. La Corriente Semanticista en Filosofía de la Ciencia, como inspiradora de una enseñanza para la comprensión del mundo natural.
- 3.2. La Incorporación de la Visión Semanticista de la Ciencia en el Ámbito de la Didáctica de las Ciencias, y por lo tanto, en el de las secuencias de enseñanza y aprendizaje.
- 3.3. El Modelo Científico Escolar de Arriba como Dispositivo Teórico-Methodológico para el Diseño y Validación de SD.

3.1 La Corriente Semanticista en Filosofía de la Ciencia

En las últimas dos décadas los Modelos y la Modelización son retomados como elementos centrales para la comprensión de la ciencia (Coll y Lajium, 2011) y, como lo mencioné en los capítulos 1 y 2, desde este enfoque se pueden plantear construcciones - científicas escolares, se dirá más adelante- más próximas a modelos científicos y, por lo tanto, lograr que los estudiantes construyan conocimientos más deseables para la investigación en el campo de Didáctica de las Ciencias.

Orientación Semanticista de la Ciencia

Desde esta perspectiva, los modelos científicos se consideran como representaciones mediadoras entre las teorías y los fenómenos del mundo. Principalmente hago referencia a la

corriente epistémica de Giere (2004) quien menciona que, en la actividad científica, “los científicos utilizan modelos para representar aspectos del mundo con fines específicos” (p. 742).

Para este epistemólogo (Giere, 2004) los modelos son construcciones humanas -elaboradas por los científicos-, y son posibles gracias al lenguaje y a las matemáticas, representan aspectos del mundo real, y son las principales herramientas -no las únicas- de representación en la ciencia. Pero su característica principal es la similitud entre el modelo y el aspecto del mundo que está siendo objeto de representación con fines explicativos, ya que el científico utiliza el modelo para representar el fenómeno, postulando algunos entes y características específicas dentro del modelo que son similares a las características del sistema real.

Desde esta orientación semanticista -considerar la ciencia como una construcción de modelos-, se acepta que las interpretaciones no son la realidad misma, sino modelos que son considerados como “objetos abstractos cuyo comportamiento se ajusta exactamente a las definiciones; [por ello] el ajuste modelo-realidad no es global, sino solo relativo a aquéllos aspectos del mundo que los modelos intentan capturar” (Giere, 1999:64). Al respecto, Giere señala que no toda representación es un modelo -aunque un modelo es siempre una representación- y que al trabajar con representaciones, se debe tener claro que se abordan apariencias de la realidad -más no la realidad misma-: “Tener un modelo es lo más cercano que podemos llegar a decir lo que un sistema real es” (Giere, 2004:749)

En la Figura 3.1, Giere (1999) muestra la manera en cómo concibe las relaciones entre las declaraciones y el mundo. Es decir, una interpretación de las teorías, una relación entre las declaraciones y el mundo a través de un modelo.

Figura 3.1

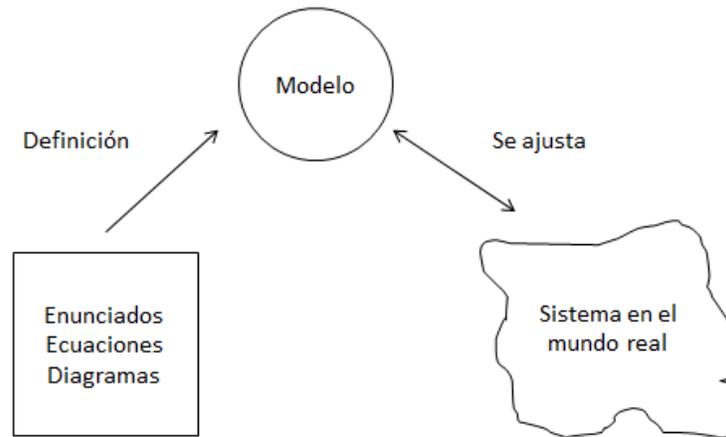


Figura 3.1. La interpretación de las teorías. Tomado de Giere, R. (1999:65).

Por tanto, los modelos no son una copia ni “calca” de la realidad, sino fragmentos de la realidad que, articulados en un tipo de representación especial, intentan explicarla. Ya en una visión cognitiva de hacer ciencia⁴ -en particular una ciencia escolar: ver siguiente sección dentro de este mismo capítulo-, tal explicación es una construcción del sujeto a partir de los aprendizajes que ha tenido de su entorno, lo que hace de cada modelo algo particular y, en consecuencia, dicha construcción es incompleta e inacabada, pero dinámica y en constante cambio; de ahí que sean considerados una representación teórica del mundo que sirve como auxiliar para explicar, predecir y transformar los fenómenos detectados en éste (Adúriz-Bravo, 1999).

Las teorías y los modelos son construcciones humanas que se ajustan más o menos a los hechos del mundo. Sin embargo, las comunidades científicas son capaces de acordar sobre cuáles son los modelos que mejor representan la realidad. En la Figura 3.2, Giere (2004) sintetiza su propuesta de modelo:

⁴ Giere (1992b:xv) como editor del libro *Cognitive Models of Science*, afirma que las ciencias cognitivas han alcanzado suficiente grado de madurez, que pueden proveer de recursos valiosos para los filósofos de la ciencia que se encuentran desarrollando teorías generales de la ciencia como actividad humana.

Figura 3.2

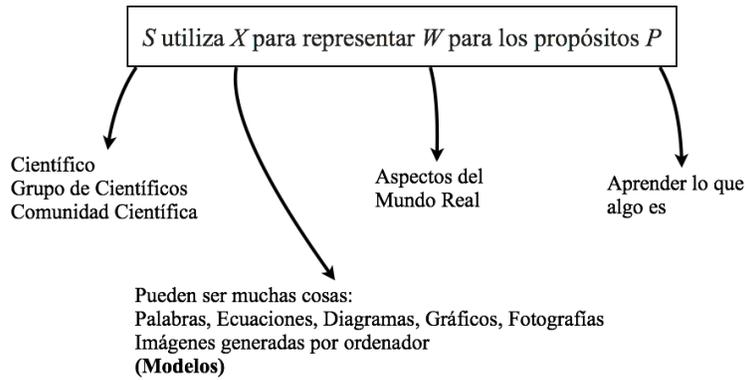


Figura 3.2. Formulario para la construcción de modelos. Adaptado de Giere, R. (2004:743).

Desde este enfoque, Giere (1999) menciona que la observación y la experimentación determinarán si el modelo para representar la realidad es el mejor o no. En la Figuras 3.3, se presentan un diagrama que servirá para la adecuación de modelos a partir de las evidencias obtenidas de la observación y experimentación:

Figura 3.3

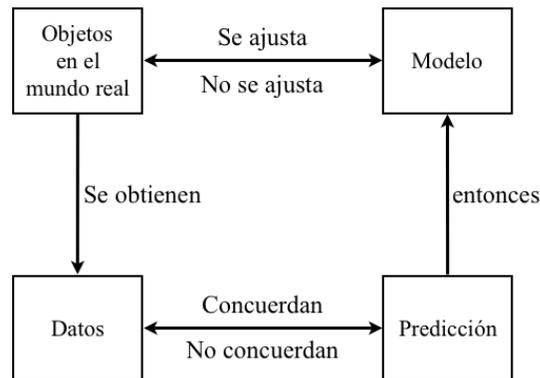


Figura 3.3 La evaluación de modelos a partir de la observación y experimentación. Adaptado de Giere, R. (1999:65).

De acuerdo con la Figura 3.3, esta postura epistemológica plantea que la actividad científica más importante en la producción de conocimiento, consiste en confrontar los modelos con la realidad para explicar los fenómenos naturales de interés para la ciencia. Tal propósito se

consigue por medio de un proceso de modelización.

Para fines de este trabajo, con el propósito de enfatizar la visión cognitiva de hacer ciencia y que abordaré en este mismo capítulo -Definición de Modelo Científico-, haré mención de lo que Gutiérrez (2004:12) señala como el proceso de modelización a través del modelo mental y su ejecución (Figura 3.4):

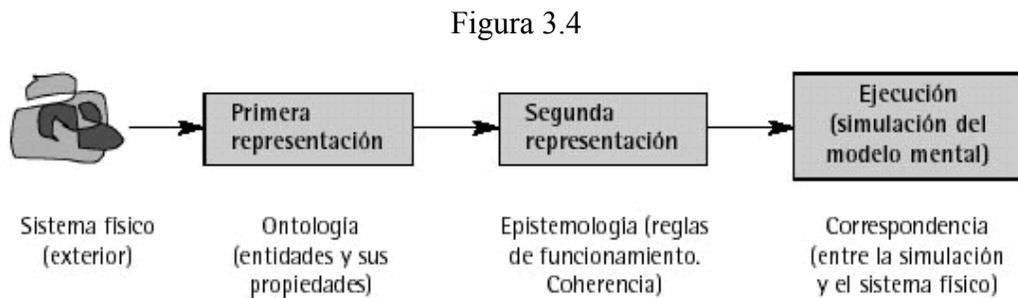


Figura 3.4 Constituyentes del modelo mental y su ejecución. Tomado de: Gutiérrez, R. (2004:12).

La autora señala que el sujeto -científico o estudiante- hace una primera representación del sistema físico -entidades y propiedades-, y que la segunda representación -derivada de la primera y con sus reglas de inferencia- permiten la predicción de futuros estados de dicho sistema modelizado.

Lo aquí expuesto servirá de base para mostrar que la corriente epistemológica de construir modelos y desarrollar procesos de modelización es primordial en la actividad científica, lo cual también es una perspectiva que da pie -en el ámbito teórico de la didáctica de las ciencias- a los conceptos de ‘actividad científica escolar’ y los ‘modelos científicos escolares’, como se abordará más adelante en este mismo capítulo. De esta manera, la visión mencionada de cómo se construye la ciencia, es también inspiración de cómo los estudiantes debieran proceder para construir conocimiento en las clases de ciencias: la construcción de modelos mediante el proceso de modelización.

3.2 La Incorporación de la Visión Semanticista de la Ciencia en el Ámbito de la Didáctica de las Ciencias

De acuerdo con la visión semanticista de hacer ciencia de Giere, Adúriz-Bravo (2010) señala que esta perspectiva permite trabajar en clase con modelos científicos escolares, pues sirve para entender el funcionamiento del mundo natural mediante ideas abstractas y de esta manera, los estudiantes no estarían tan alejados de sus concepciones espontáneas. Desde esta perspectiva es que se retoman los modelos y la modelización en la actividad científica escolar, pues el mismo autor menciona que esta estructuración en tal actividad con los modelos teóricos proporcionan potentísimas herramientas intelectuales para el aprendizaje (Adúriz-Bravo, 2010).

Es por ello, y para fines de sustentación teórica de este trabajo, en los siguientes apartados abordaré de qué manera incorporo el uso de los modelos en la enseñanza de las ciencias y la importancia que tiene ésta para que los estudiantes de secundaria comprendan el mundo natural.

Los Modelos y la Modelización en la Actividad Científica Escolar

A lo largo de las últimas décadas (finales del s. XX y siguientes), ha estado presente en la literatura especializada, la inquietud por incorporar una nueva visualización en la forma de enseñar ciencias, por lo que se ha ido constituyendo una línea de investigación importante para la Educación en Ciencias o Didáctica de las Ciencias: la de la incorporación de los modelos y la modelización como productos y proceso en la actividad científica escolar. Esto, al rescatar la importancia de comprender y explicar los conocimientos alcanzados frente a fenómenos naturales, según puede ser visto en las publicaciones de las revistas del área (Greca y Moreira, 1998; Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005; Justi, 2006; Acher, Arcà, y Sanmartí, 2007; Adúriz-

Bravo e Izquierdo, 2009; Schwarz, Reiser, Davis, Kenyon, Achér, Fortus y Krajcik, 2009; Chamizo, 2010; Pujol y Márquez, 2011; Adúriz-Bravo, 2012).

Dichas investigaciones nos orientan a que los modelos se pueden construir en la actividad científica escolar: “se puede decir que todos los alumnos son capaces de interiorizar el esquema para evaluar informes sobre descubrimientos científicos” (Giere, 1999); y además, “las representaciones que construyen los científicos no pueden ser de naturaleza tan radicalmente diferente de las empleadas por cualquier persona” (Giere, 1992a:85). Y puesto que los “modelos son creaciones intelectuales humanas” (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005:2), para comprender el mundo natural, los estudiantes adquieren, construyen y aplican representaciones internas - construyen sus modelos- que les permiten explicar y/o predecir los fenómenos naturales (Greca y Moreira, 1998a).

Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich (2009), han rescatado de la epistemología cognitiva -ya mencionada anteriormente- tal posibilidad, y la han llevado al ámbito de las aulas, para dar pie a la concepción de ‘ciencia escolar’. Y ésta, como señala Adúriz (2010), es aquella en la que los modelos científicos escolares servirán “para entender el funcionamiento natural mediante ideas abstractas y, al mismo tiempo, no se encuentren tan alejados de las concepciones alternativas” de los estudiantes (p. 248)

Lo que suele ocurrir en el aula es que los contenidos enseñados en ella, no encuentran un referente en la estructura cognitiva del estudiante y es por ello que es necesario hacer cambios en la manera de presentar los contenidos en el aula -ya que generalmente se presentan como un listado de temas fragmentados o aislados, totalmente ajenos a los alumnos, y además, en la forma sintáctica y conceptual de la ciencia de los científicos- provocando que los alumnos incorporen esos contenidos memorísticamente y que les resulten escasamente significativos. Más bien, se

deberían estructurar estos contenidos científicos y curriculares en forma de modelos a ser alcanzados, específicamente como modelos científicos escolares (Develaki, 2007). Estos modelos se constituyen como una base apropiada para la estructura de los contenidos de enseñanza de la ciencia escolar, de manera que les resulten a los estudiantes más significativos en la construcción de conocimiento científico escolar.

Además, en el proceso de enseñanza ya no es importante que los estudiantes memoricen y repitan enunciados, leyes, “sino poder pensar en hechos-clave reconstruidos teóricamente” (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009), como por ejemplo, el balanceo de un candelabro, las ‘chispas’ que se ven al sacudir unas sábanas o cobijas, el ‘calambre’ que se siente al tocar ciertos objetos, la adherencia a la pared de un globo que es frotado: es decir, darle sentido a los fenómenos que nos rodean.

Así como la ciencia escolar no es la ciencia que construyen los científicos, sino más bien una reconstrucción de ésta para los estudiantes de ciencias (Chamizo, 2010), el modelo científico escolar es aquella conceptualización de ciencia que ayuda y permite al estudiante a adquirir el conocimiento y habilidades científicas (Greca y Moreira, 1998; Develaki, 2007). Además de que con ella podemos movilizar y acercar a los estudiantes progresivamente hacia los modelos científicos o modelos teóricos consensuados por la comunidad científica. De esta manera se ha considerado y reconocido la necesidad de la modelización como clave en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Ciencia (Acher et. al., 2007).

El proceso de modelización en la actividad científica logra la “transformación del mundo que se produce como consecuencia del pensamiento científico y ‘modelos teóricos’ a las ideas básicas, fundamentales, irreducibles, que las ciencias han establecido para pensar sobre los diferentes fenómenos que estudian” (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2005:3). Así también la

modelización en las aulas debiera permitir un proceso de creación de modelos y argumentaciones que ayuden al alumno a explicar y predecir hechos ya estudiados por los científicos. Couso y Garrido-Espeja (2017) mencionan que al “promover la participación de los estudiantes en prácticas científicas les permite a los estudiantes experimentar lo que hace que la ciencia sea diferente de otras formas de conocimiento de una manera genuina que les facilite el aprendizaje” (p. 245-246).

La construcción de modelos y el proceso de modelización en la clase de ciencias puede ser una respuesta para lograr la conformación de conocimientos deseados en los estudiantes. Una forma de dar respuesta a esta intención, es la del diseño de SD bajo este enfoque teórico de la Didáctica de las Ciencias y que abordaré en el siguiente apartado.

3.3 El Modelo Científico Escolar de Arribo: Dispositivo Teórico- Metodológico para el Diseño y Validación de Secuencias Didácticas

Algunos investigadores en Educación en Ciencias (Greca y Moreira, 1998; Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001; García y Sanmartí, 2007; Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009; Coll y Lajium, 2011; López-Mota y Sanmartí, 2011; Tamayo, 2013; entre otros), han incursionado en rescatar la construcción de modelos como actividad fundamental en la clase de ciencias, y algunos otros en el diseño de SD que buscan dicha construcción (Sanmartí y García i Rovira, 2006; Maia y Justí, 2009; Pujol y Márquez, 2011; Aliberas, Izquierdo y Gutiérrez, 2013a y 2013b; Gómez, 2013; López-Mota y Moreno-Arcuri, 2014; Domènech, 2015; Gutiérrez, 2017; entre otros). Estas investigaciones presentan una propuesta de enseñanza que pueden potenciar la construcción de conocimiento deseado en los estudiantes.

Definición de Modelo

A partir del enfoque de modelos y modelización, es necesario adoptar una definición de modelo científico pues como lo menciona Gutiérrez (2014), desde la perspectiva epistemológica de modelos, el concepto de modelo presenta una profusión de características, multiplicidad de tipologías y cargado de polisemia; sin embargo, la autora adopta una perspectiva ontológico-epistemológica de modelo puesto que ofrece “una definición unívoca, general, independiente y económica de modelo científico” (Gutiérrez, 2014:37). A su vez, menciona que los profesores de ciencias tienen un concepto defectuoso o incompleto de modelo científico, por lo que es necesario tener claro este concepto para la adecuada comprensión de qué es la ciencia y cómo se construye; además de que es fundamental plantear de manera adecuada la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Gutiérrez y Pintó, 2009; Gutiérrez y Whitelock, 2013).

Por esta razón, retomo el concepto que Gutiérrez (2014) y que asume para el caso de la didáctica de las ciencias (Figura 3.5):

“Un modelo científico es una representación de un sistema real o conjeturado, consistente en un conjunto de entidades con sus principales propiedades explicitadas y un conjunto de enunciados legales que determinan el comportamiento de esas entidades. Las funciones esenciales de un modelo son la explicación y la predicción.” (p. 51)

Figura 3.5

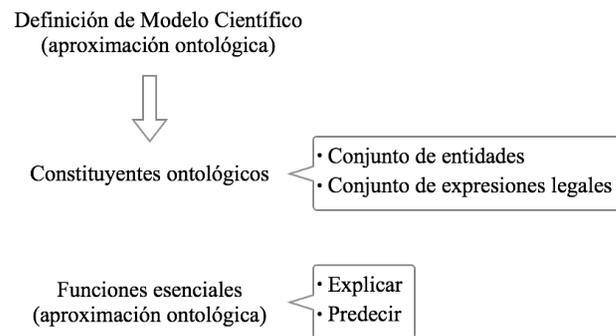


Figura 3.5. Tomado de Gutiérrez (2014:52).

Dicha definición, que puede ser aplicable tanto al ámbito científico como al del pensamiento de los estudiantes, se nutre de la ontología de Bunge por su concepción semántica de las teorías científicas, su posición moderadamente realista, y ser un autor que se ha ocupado de este tema en la filosofía de la ciencia actual (Gutiérrez, 2014). A partir de esto, señalo las definiciones de los constituyentes ontológicos y epistemológicos del concepto de modelo científico, anteriormente mencionado, y que servirán de referencia para la construcción del Modelo Científico Escolar de Arriba -constituido a partir del Modelo Estudiantil Inicial, Modelo Curricular, Modelo Científico- (Capítulo 4, apartado Postulación del MCEA: El Referente a Alcanzar). Esto permitirá tener todos estos modelos con información homogénea que permita la comparación y, al mismo tiempo, proporcionar una definición única de modelo que dé forma a las categorías analíticas a ser utilizadas y poder realizar el análisis que dé cuenta de los resultados obtenidos mediante una actividad de enseñanza -secuencia didáctica-.

Entendemos por *entidades*⁵ del sistema, la “cosa real o concreta, actual o posible” (Bunge, 2001), presente en el fenómeno elegido para ser modelizado -partículas, moléculas, organismos-. Por *propiedades*, los o el “rasgo o característica que posee algún objeto, ya sea conceptual o material” (Bunge, 2001), esto es, algún atributo que distingue alguna entidad -por ejemplo, estar cargado eléctricamente-. Por *relaciones* consideramos la mayoría de las propiedades -intrínsecas y relacionales- de las cosas reales, las cuales se conceptualizan como relaciones y, en particular, como funciones (Bunge, 2001); las cuales pueden dar lugar a *reglas* para establecer *inferencias*, entendiendo por éstas el “deducir algo, sacar una consecuencia de otra cosa, conducir a un resultado”⁶ (Diccionario de la Lengua Española, 2017). Las inferencias

⁵ Ver estas definiciones para el Modelo Científico Escolar de Arriba en: López-Mota y Moreno-Arcuri (2014).

⁶ La inferencia surge a partir de una evaluación mental entre distintas expresiones [o hechos] que, al ser relacionadas/os como abstracciones, permiten trazar una implicación lógica [o factual]

pueden conducir al establecimiento de *inferencias generalizadas*, es decir al establecimiento de resultados presentes en cada ocasión que se tenga un “*si..., entonces...*”.

La investigación de Gutiérrez (2003), sugiere que sin una comprensión adecuada de las entidades conceptuales en las que se construyen las teorías científicas, será imposible tener un conocimiento certero de la naturaleza de la ciencia. También señala que, aunque la epistemología ofrezca información de cómo el sujeto valida su conocimiento como verdadero, ésta no nos dice las características que el sujeto asigna a una determinada entidad, sus atributos o propiedades. Esto es algo que la ontología ofrece y con la que sí podemos hacer un estudio más fino de la manera en cómo los estudiantes construyen su conocimiento; además de aligerar la carga cognitiva del concepto de modelo científico, por lo que podemos tener resultados clarificadores y de fácil comprensión (Gutiérrez y Whitelock, 2013).

Otras definiciones de modelo científico que algunos autores ofrecen no me permitirían obtener categorías para hacer un análisis detallado de los modelos que los estudiantes podrían construir en el aula. Cito aquí algunos ejemplos: Maia y Justi (2009) proponen una definición de modelo para el aprendizaje de Equilibrio Químico: “Un modelo puede ser definido como una representación simplificada de un objeto, evento, proceso o idea producida con el propósito específico de proporcionar una explicación de esa entidad. Los usos más importantes de los modelos son la producción de predicciones exitosas de cómo se comportarán bajo una serie de circunstancias”⁷ (p. 603). Con esta definición no tendría nada en concreto para poder analizar el modelo que un estudiante haya construido pues se desconoce la naturaleza de los constituyentes del mismo, tampoco facilitaría el análisis de la transformación de sus modelos (antes, durante y después de aplicar una SD); sólo podría considerarse la *explicación del fenómeno*, así como su

⁷ Una definición similar es la de Caamaño (2011): “Los modelos son representaciones de un objeto, un proceso o un fenómeno con la finalidad de explicar su estructura o funcionamiento y predecir futuros estados” (p. 23).

predicción en futuros eventos, pero ¿a partir de qué o cuáles constituyentes?.

Aduriz-Bravo (2010), en su artículo (*Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos*), selecciona y contextualiza una noción metateórica de modelo científico, discute las ventajas de la noción semántica de modelo, y revisa la producción didáctica en la que ya se utiliza dicha noción. El autor señala que, a pesar de las nociones de modelo, no hay - todavía- un consenso en el cual pueda incorporarse *un modelo de modelo* en la didáctica de las ciencias. Ante esto, la definición que yo adopto de modelo científico, bien puede brindar aportaciones a este campo a partir de los resultados que más adelante discutiré (Capítulo 5).

Chamizo (2010) presenta una definición de modelo: “Los modelos son representaciones, basadas generalmente en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción del mundo, con un objetivo específico” (p. 27). A partir de esta definición, el autor presenta una tipología de modelos para el uso de la enseñanza de las ciencias: modelos mentales, modelos materiales y modelos matemáticos: El sujeto representaría con un modelo material y/o matemático su modelo mental. La propuesta de este autor resultaría insuficiente para la presente investigación, ya que el análisis de las producciones de los estudiantes no podría estar soportada únicamente con modelos materiales o matemáticos que los estudiantes pudieran construir.

Para Oh y Oh (2010) un modelo es “una representación de un objetivo. [...] pueden ser varias entidades, incluyendo objetos, fenómenos, procesos e ideas de su sistema. También es considerado como un puente o mediador conectando una teoría con un fenómeno, esto ayuda a desarrollar una teoría a partir de datos y a la representación de una teoría en el mundo natural. [...] tiene como propósitos describir, explicar y predecir fenómenos naturales y comunicar ideas científicas para otros.” (p. 1116). La definición que estos autores discuten en este artículo, proviene de las ideas que los filósofos científicos y los investigadores en educación en ciencias

tienen en común sobre modelos, pero no me permitiría instrumentalizar en la práctica analítica pues no podría conocer el cómo o el por qué de las construcciones y transformaciones que van teniendo los sujetos a lo largo de una SD.

Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA)

Hoy en día, no hay una respuesta consensuada sobre qué ciencia enseñar (Couso, 2011), -yo podría decir qué conocimientos científicos enseñar en nivel básico-. Ante esto, considero que el uso del Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA) es una posible respuesta en el intento de diseñar y validar SD bajo la perspectiva de los modelos y la modelización. Dicho modelo se construyó a partir de la definición de modelo adoptada (ver apartado anterior), la cual, permite elaborar un modelo de referencia a alcanzar por los estudiantes, no como una simplificación de los modelos de la ciencia para ponerlos a su alcance; sino más bien, como una construcción nueva y compleja donde también se toman en cuenta las ideas previas de los estudiantes, el currículo escolar y la potencia explicativa del fenómeno. Además, como lo señala Couso (2011) respecto al diseño de secuencias didácticas, el MCEA que planteo en este trabajo, permite orientar el diseño de las SD al considerar: “los modelos esenciales que enseñar y aprender en el aula de ciencias” (p. 71).

De esta manera, el MCEA se ha convertido en parte esencial para el diseño de la secuencia didáctica que presentaré en el siguiente capítulo, pues permite visualizar la forma de ‘acercar’ el conocimiento que construyen los estudiantes en el aula al conocimiento científico; Ello no implica seleccionar algunos conceptos esenciales o reducir la complejidad del conocimiento científico, sino que requiere reelaborar, reconstruir o transponer didácticamente los contenidos de enseñanza (Couso, 2011). Aunado a ello, Psillos (1998) menciona: “los modelos

científicos no deben ser demasiado alejados del razonamiento de los alumnos de manera de ser comprensibles. Esto implica la necesidad [...] de una transformación del saber científico a fin de adaptarlo a la causalidad de los alumnos” (p. 3).

Greca y Moreira (1998b) señalan que “para la enseñanza de la física resulta interesante preguntarse cuáles son las representaciones internas que los alumnos tienen” (p. 289). De esta manera, las ideas previas de los estudiantes resultan tener un papel importante porque con ellas podemos entender el proceso de construcción de su modelo: qué modelos tenían antes y cómo se van transformando a lo largo de dicho proceso.

Un dispositivo de referencia para el diseño de secuencias didácticas -bajo la forma de criterios de diseño y validación-, como es el caso del MCEA, debiera permitir la articulación entre la dimensión teórica que sustenta el diseño de las mismas y la forma de implementarlas en la práctica. De esta manera, el MCEA, como dispositivo teórico-metodológico, se encuentra fundamentado en la idea de modelo científico de Rufina Gutiérrez ya mencionado en este capítulo. Pero, para poder servir como instrumento de referencia en el diseño de secuencias didácticas, parece necesario conjuntar articuladamente tres diferentes ámbitos a ser considerados: el del razonamiento espontáneo de los estudiantes, el del planteamiento curricular-programático y el del conocimiento científico.

Así, el MCEA es el resultado de comparar o ‘tensionar’ (ver siguiente capítulo) los modelos correspondientes a dichos ámbitos. De esta manera, es necesario expresar en términos de una definición de modelo los ámbitos mencionados. Estos modelos son:

a) Modelo cognitivo inicial de los estudiantes (MEI): consiste en la visualización de las ideas previas que poseen los estudiantes acerca del fenómeno, obtenidas de la literatura especializada, en forma de la definición adoptada de modelo.

- b) Modelo curricular (MCu): es aquel modelo inferido proveniente de los planes y programas de estudio del nivel educativo, derivados de los contenidos temáticos y de los ‘aprendizajes esperados’ contenidos en los bloques y contenidos a abordar en el aula de Ciencias.
- c) Modelo Científico (MCi): proviene de los contenidos y teorías que la comunidad científica ha consensuado sobre el/los fenómeno(s) naturales y presentes en libros de texto básicos universitarios.

Una vez conformados estos tres modelos, son comparados, y permite la conformación del MCEA y la obtención de criterios para el diseño de la SD que plantea el logro de modelos coincidentes o aproximados al MCEA; y de lo cual se dará cabal descripción en el siguiente capítulo para el caso de los fenómenos electrostáticos.

Por otra parte, la eficacia de una SD -en mi caso fundamentada en la idea de construir modelos que coincidan o se acerquen al MCEA-, podría validarse a partir de evidencias empíricas recogidas en el desarrollo de la SD (proceso de investigación/intervención). Por ejemplo, Couso (2011) señala que una SD permite monitorear el aprendizaje del estudiante, ‘desde dónde está’ (lo que sabe) a ‘dónde puede llegar a estar’ (lo que puede llegar a saber) de ciencia escolar. De esta manera, la SD que presentaré en el siguiente capítulo, muestro los MEI, la transformación de estos modelos a lo largo de la SD y hasta dónde llegaron los modelos de los estudiantes al finalizar la misma. Además, tiempo después regresé con el mismo grupo con una experiencia nueva y diferente -sobre electrostática- para determinar si los estudiantes aplicaron sus modelos que lograron construir al final de la SD; pues como lo menciona Couso (2011), “en la enseñanza de la ciencias centrada en modelos [...] no reside en conocer todo el vocabulario específico o la casuística de excepciones de un tema, sino en dominar las ideas fundamentales y ser capaz de relacionarlas entre sí y aplicarlas para actuar” (p. 72)

Al lograr acercarse al MCEA, los estudiantes no sólo podrán tener elementos y herramientas cognitivas para explicar, argumentar y predecir los fenómenos electrostáticos, que le sirvan para aplicar a otros fenómenos (Couso, 2011), sino además transitar del nivel macroscópico -atracción entre un globo electrizado y la pared- al nivel microscópico, al señalar que las partículas subatómicas son responsables de electrizar algunos cuerpos como el globo (Pereda y López, 2009)

De esta manera, el Modelo Científico Escolar Logrado (MCEL) de los estudiantes, el cual es construido al final de la SD, puede ser comparado con el MCEA y con el MEI; logrando saber, si el modelo postulado como hipótesis directriz (MCEA) de la SD puede ser alcanzado y qué tanto fueron modificados los modelos iniciales de los estudiantes a partir de la misma (Figura 3.6). Con ello, retomo lo que señalan Méheut y Psillos (2004) para la validación de SD: “los resultados [obtenidos] en términos de valor pragmático (viabilidad, efectividad, etc.) y/o resultados en términos de validez científica (comprensión de los procesos de aprendizaje, probando teorías de aprendizaje, etc.)” (p. 528).

Es así como la SD también se puede validar frente a lo propuesto en el MCEA y no simplemente una transformación de la manera inicial de pensar de los estudiantes. Pero por otra parte, también asegura -en cuanto posible- los lineamientos curriculares y no perder de vista el lineamiento científico -al cual, en ultima instancia-, es lo que se quiere lograr en los estudiantes.

Figura 3.6



Figura 3.6. El MCEA se constituye como una hipótesis directriz a alcanzar mediante la SD sustentada en modelos y modelización.

Como se puede observar en la Figura 3.6, se pone énfasis al MEI, pues es este trabajo se aprovechan dichos modelos de los estudiantes para mostrar la evolución o transformación de éstos en el aula, un aspecto que considero importante en la validación de la SD.

3.4 Los fenómenos de referencia a ser modelizados: los fenómenos electrostáticos

Atracciones, ‘Toques’ y ‘Chispas’

Los fenómenos electrostáticos eran conocidos en la antigüedad por los griegos y los romanos, quienes sabían que al frotar ámbar y otros materiales éstos adquirirían la propiedad de atraer objetos livianos, como la paja o plumas. Durante el Renacimiento, William Gilbert estableció que muchos materiales (vidrio, ámbar y otras resinas) adquieren la capacidad de atraer trozos de papel al ser frotados por un paño o piel de animal. Gilbert nombró ‘eléctricos’ a estos materiales, tomando como referencia la palabra griega *elektron* que significa ‘ambar’.

Todos hemos tenido alguna experiencia con la electricidad estática o los fenómenos electrostáticos: cuando alguien se la pasó jugando mucho tiempo sobre una alfombra y después observa que algunos trozos de papel se quedan pegados en la ropa; o al bajarnos de un automóvil escuchamos un pequeño ‘chasquido’ o ruidito seco y sentimos un ‘toque’ o calambre al tocar una persona u objeto. También, al quitarnos un sueter o chamarra de nylon, o al sacudir algunas cobijas o sábanas en la oscuridad, podemos ver pequeñas chispas. Otras experiencias son el cabello con ‘frizz’ o con ese aspecto de ‘levantarse’, originado por cepillarlo en seco; al frotar un globo con el cabello o la ropa y éste queda ‘pegado’ en la pared, o también después de frotar una regla de plástico con la ropa, ésta puede atraer pequeños trozos de papel.

Por lo tanto, para que tengamos una interacción eléctrica con algún objeto de nuestro alrededor, es necesario frotarlo o presionarlo. Lo anteriormente expuesto significa que un cuerpo tiene la capacidad de aplicar una fuerza a otro cuerpo y, con ello, moverlo -atraerlo-. Entonces, para comprender el comportamiento que tienen estos cuerpos, es necesario considerar lo siguiente: cualquier material está formado, a escala microscópica, por átomos.

Tanto el modelo atómico de Thompson como el de Bohr resultan muy convenientes para entender el comportamiento de las partículas subatómicas en los fenómenos electrostáticos. En este caso, retomo el de Bohr por estar referido en los planes y programas de estudio (SEP, 2011) -y que más adelante se desarrollará en el MCEA-. Bohr representó el átomo semejante al sistema solar: utilizó esta similitud para explicar cómo es la estructura de un átomo de hidrógeno, su núcleo sería el equivalente al Sol, las órbitas de los planetas representarían los niveles energéticos en los que se mueven los electrones alrededor del núcleo, y el electrón del hidrógeno representaría al primer planeta. Para átomos con más electrones éstos equivaldrían a los demás planetas (Figura 3.7):

Figura 3.7

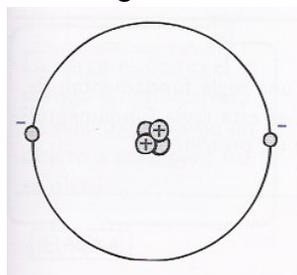


Figura 3.7. Modelo de un átomo de helio. El núcleo atómico está formado por dos protones y dos neutrones. Los protones tienen carga positiva (+) y atraen dos electrones negativos (-). La carga neta de este átomo es neutra. Tomada de Hewitt (2007:411).

Los protones presentan carga eléctrica *positiva* (+) que junto con los neutrones forman el núcleo del átomo; y los electrones que se encuentran alrededor de este núcleo presentan la carga eléctrica opuesta, es decir, *negativa* (-). Un átomo de cualquier elemento tiene el mismo número

de electrones que de protones, por lo que la cantidad de cargas *positivas* y *negativas* es igual, de manera que lo positivo compensa exactamente lo negativo y, por lo tanto, se encuentra en equilibrio, es decir, no tiene *carga eléctrica* o su carga eléctrica es *neutra*. Si a un átomo se le quita un electrón, ya no sigue siendo neutro, es decir, el átomo tiene menor cantidad de electrones y mayor carga de protones, por lo que se dice que su carga es *positiva*.

Los electrones más alejados del núcleo, que son los electrones externos, están enlazados muy débilmente y se pueden desprender con facilidad. Cuando frotamos una regla de plástico, un peine o un globo con el cabello, lo que estamos provocando es un desprendimiento de electrones que pasan de un cuerpo a otro -provocando un desequilibrio de cargas en ambos cuerpos-. Cabe mencionar que las cargas eléctricas (+ y -) no se pierden o se crean, sólo se mueven de un cuerpo a otro.

Aunque los átomos no cambian sus posiciones relativamente fijas, sus ‘centros de cargas’ sí se mueven. Un lado del átomo se induce a ser más negativo (o positivo) que el lado contrario, y se dice que el átomo está ‘eléctricamente polarizado’. Por ejemplo, unos trozos de papel eléctricamente neutros son atraídos hacia un peine que se frotó con el cabello. Cuando el peine cargado se acerca a los trozos de papel, se polarizan sus átomos (Figura 3.8).

Figura 3.8

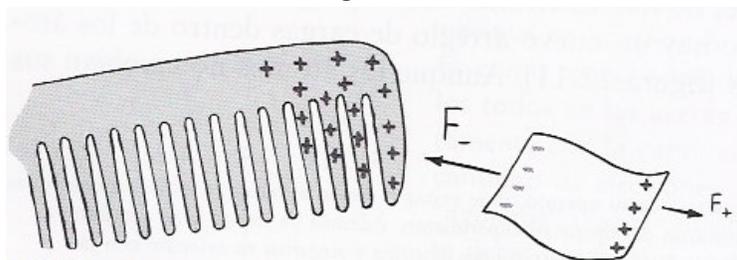


Figura 3.8. Peine con carga (+) atrae un trozo de papel sin carga, porque la fuerza de atracción hacia la carga más cercana (-) es mayor que la de repulsión contra la carga más alejada (+) del trozo de papel. Tomada de Hewitt (2007:420).

También se puede mencionar el siguiente caso: al frotar un globo contra el cabello, éste se cargará eléctricamente (-). Al colocar el globo contra la pared, ambos se atraen. Esto se debe a que la carga del globo (-) introduce una carga superficial de signo contrario en la pared (+) (Figura 3.9):

Figura 3.9

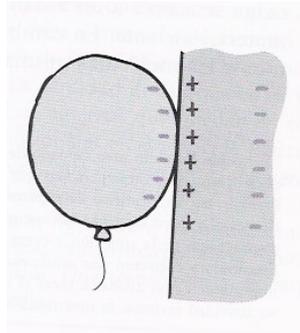


Figura 3.9. El globo con carga negativa polariza los átomos en la pared, y crea una superficie con carga positiva, por lo que el globo se atrae a la pared. Tomada de Hewitt (2007:420).

La serie triboeléctrica (Tabla 3.1) -la palabra ‘tribología’, del griego *τριβω* (*tribō*), significa "frotar o rozar"; trata de lo que ocurre cuando se frotan dos objetos-, es una lista de acuerdo con la que el material que esté en la posición más alta se cargará positivamente, mientras que el que se sitúe más abajo se carga negativamente, y cuanto más separados estén los materiales hacia los extremos de la tabla, más intensa es su electrización:

Tabla 3.1
*Serie de algunos materiales triboeléctricos*⁸.

Aire (Mayor carga positiva +)
Piel humana
Piel de conejo
Vidrio
Mica
Pelo humano
Nylon
Lana
Plomo
Seda
Aluminio
Papel
Algodón, Acero (<i>sin carga</i>)
Madera (<i>pequeña carga negativa</i>)
Ámbar
Lacre
Acrílico
Globo de goma
Caucho duro
Milar
Níquel, Cobre
Bronce, Plata
Oro, Platino
Azufre
Acetato, Rayón
Poliéster
Espuma de poliestireno
Orlón
Sarán
Poliuretano
Polietileno (cinta Scotch)
Polipropileno
Polivinilo (PVC)
Teflón (Mayor carga negativa -)

La electrización de estos materiales dependerá de la humedad en el ambiente, pues al “aumentar la conductividad eléctrica del aire, favorecerá la rápida descarga de los objetos electrizados. Cuando el nivel de humedad relativa supera el 50%, comienzan a obtenerse resultados erráticos e, incluso, contradictorios.” (Serrano y Hurtado, 2013).

⁸ Tomada de Basells, et. al. (1992:73).

Cuerpos Cargados que se ‘Rechazan’

¿Qué sucede si se colocan dos cuerpos ya electrizados uno cerca del otro?. Al frotar dos tiras de celofán, éstas quedan cargadas eléctricamente de manera idéntica, es decir, adquiere cada una la misma carga eléctrica (negativa). Si las acercamos, el movimiento de éstas será de repulsión. Lo mismo sucede cuando se cepilla el cabello en seco y observamos que el cabello ‘se levanta’. Esto es porque cada pelo, que es frotado por el cepillo, adquiere cada uno cargas eléctricas iguales (negativas) por lo que se ‘separan’ -o repelen- unos de otros.

También hay fenómenos donde los cuerpos pueden ser atraídos, como el caso del globo que se frota y es atraído hacia la pared, por tener cargas eléctricas diferentes. Entonces, si dos objetos cargados se atraen o se repelen, es decir se presentan fuerzas, ya sean fuerzas de atracción o de repulsión.

Científicamente, un modelo que explica el comportamiento de estos cuerpos es el siguiente: si ambos cuerpos están electrizados por la misma carga (+,+/-,-) se repelen, si están electrizados por diferentes cargas (+,-), se atraen (Figura 3.10):

Figura 3.10

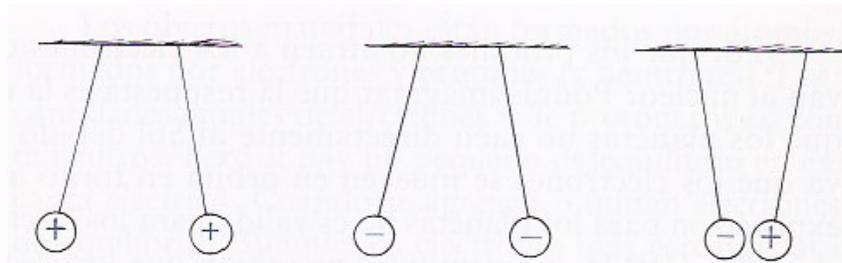


Figura 3.10. Repulsión y atracción de cargas eléctricas. Tomada de Hewitt (2007:411).

Las Fuerzas Eléctrostáticas

El ‘tamaño’ o magnitud de la fuerza de las cargas eléctricas presentes en dos tiras de

celofán que fueron frotadas por un paño de lana es la misma. Podemos observar que si estas tiras estuvieran separadas 10 cm ‘sentirán’ una determinada fuerza, pero si se separan 20 cm (el doble), la fuerza que experimentarán será sólo de la cuarta parte (disminuye), y si se separan 30 cm (el triple), la fuerza será la novena parte.

Las fuerzas electrostáticas (de atracción o de repulsión) fue estudiada por Charles August Coulomb, quien mediante un dispositivo llamado ‘balanza de torsión’, inventada por él, pudo determinar la relación que se establece durante la interacción de dos cargas eléctricas. Este comportamiento es explicado científicamente por el principio llamado *Ley de Coulomb*, y señala que la fuerza entre dos cargas eléctricas es directamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa. Esto se expresa con el siguiente modelo matemático (Figura 3.11):

Figura 3.11

El diagrama muestra la ecuación matemática de la Ley de Coulomb: $F = k \frac{q_1 \cdot q_2}{d^2}$. Las etiquetas y sus conexiones son: 'fuerza eléctrica' (rojo) apunta a 'F'; 'constante de proporcionalidad' (azul) apunta a 'k'; 'cargas eléctricas' (verde) apunta a 'q1 · q2'; y 'distancia' (naranja) apunta a 'd²'.

Figura 3.11. Modelo matemático para la Ley de Coulomb.

Lo que establece esta ley es que si tenemos dos cuerpos cargados eléctricamente y los alejamos mucho, la fuerza eléctrica de repulsión entre ellos se hará más pequeña; y si después los acercamos, la fuerza que habrá entre ellos será mayor.

Las fuerzas electrostáticas actúan entre objetos que no se tocan entre sí, y “determinan en gran medida las propiedades y el comportamiento de toda la materia. Con ellas podemos justificar la naturaleza del enlace químico, el funcionamiento de una célula, por qué una sustancia se encuentra en un determinado estado de agregación...” (Serrano y Hurtado, 2013).

En la electricidad existe un ‘campo de fuerzas’ que influye sobre cuerpos cargados. El espacio

que rodea a un cuerpo con carga eléctrica está lleno por un ‘campo eléctrico’, una especie de aura que se extiende por el espacio. Un campo eléctrico tiene magnitud y dirección. La magnitud del campo en cualquiera de sus puntos es simplemente la fuerza por unidad de carga. Si un cuerpo con carga q experimenta una fuerza F en determinado punto del espacio, el campo eléctrico E en ese punto es: $E = F/q$.

Se dice que la dirección del campo se representa con vectores (Figura 3.12), y se define como la dirección hacia la cual sería empujada una pequeña carga de prueba positiva en reposo. En la Figura 3.12 se observa que los vectores apuntan hacia el centro de la esfera con carga negativa. Si la esfera tuviera carga positiva, los vectores se alejarían de su centro, porque sería repelida una carga de carga positiva que estuviera en las cercanías.

Figura 3.12

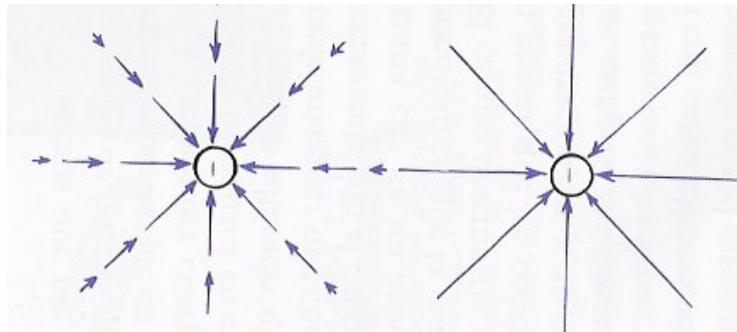


Figura 3.12. Representación del campo eléctrico con líneas de fuerza y con vectores en torno a una carga negativa, respectivamente. Las líneas de fuerza que están más alejadas, el campo es más debil. Tomada de Hewitt (2007:422)

Otras representaciones del campo eléctrico son como el de la Figura 3.13. El concepto de campo eléctrico ayuda a comprender las fuerzas entre los cuerpos estacionarios cargados y aislados. La energía que se propaga en un campo eléctrico se puede dirigir a través de alambres metálicos, y guiarse en ellos.

Figura 3.13

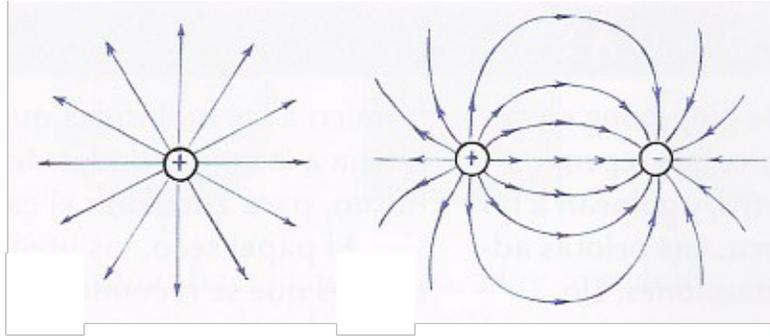


Figura 3.13. Algunas representaciones de campos eléctricos. En el primer caso, las líneas de fuerza emanan de una sola partícula con carga positiva. En el segundo caso, las líneas de fuerza entre un par de cargas diferentes. Las líneas emanan de la carga positiva y terminan en la carga negativa. Tomada de Hewitt (2007:423).

Un Dispositivo para ‘Observar’ las Cargas Eléctricas

La mayor parte de los libros de texto de educación básica (primaria y secundaria) para abordar los fenómenos electrostáticos proponen la construcción de un electroscopio (Figura 3.14). La sencillez de su construcción y la facilidad de con la que permite observar dichos fenómenos es el más utilizado en la clase de ciencias:

Figura 3.14

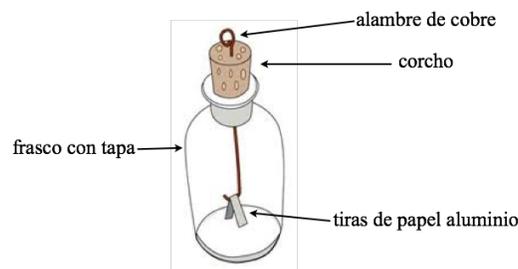


Figura 3.14. Electroscopio.

Cuando una regla de plástico que es frotada con la ropa o el cabello toca el alambre de cobre, la carga se transfiere por el alambre hacia las tiras de aluminio. Estas tiras se cargan con el mismo tipo de carga (proveniente de la regla de plástico) y tienden a separarse o repelerse (Figura 3.15):

Figura 3.15

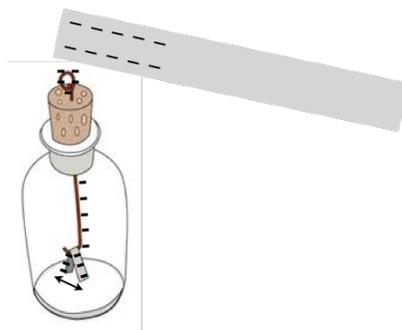


Figura 3.15. Una regla electrizada, toca el alambre de cobre de un electroscopio.

El electroscopio puede usarse para determinar la intensidad de la carga: mayor separación de las tiras de aluminio, indica mayor carga. A partir del funcionamiento de este dispositivo se concluye que ciertos materiales (como el alambre de cobre) son buenos conductores de las cargas eléctricas, es decir, la carga puede desplazarse de un objeto a otro. Al observar una *corriente eléctrica* en los metales, es porque en sus átomos tienen uno o más electrones en su capa externa que no están anclados a núcleos de átomos determinados; en cambio son libres para desplazarse a través del material. Dichos materiales son los ‘conductores’. En otros materiales, como el corcho, el plástico y el vidrio, los electrones están fuertemente enlazados con determinados átomos y no están libres para desplazarse entre otros átomos del material. En consecuencia, no es fácil hacer que fluyan. Se dice que estos materiales son ‘aislantes’.

El hecho de que la propiedad eléctrica puede migrar de un objeto a otro, se deduce que puede *moverse* con mayor facilidad en algunos materiales -conductores- y con menor facilidad en otros -aislantes-.

4. Metodología

En este capítulo propongo la manera de proceder para tratar de dar respuesta a las preguntas de investigación de la presente tesis, presentadas al final del Capítulo 1. Para ello, comenzaré dando a conocer cómo se construye el MCEA, ya que con base en este dispositivo teórico-metodológico -de carácter didáctico-, se establecieron los criterios de diseño de la secuencia didáctica. Y finalmente, detallaré y mostraré cada uno de los aspectos que conforman la secuencia didáctica para abordar los fenómenos electrostáticos en una clase de Ciencias II (Énfasis en Física) para el nivel de educación secundaria.

4.1 Postulación del Modelo Científico Escolar de Arribo: El Referente a Alcanzar

Si se retoma lo abordado en el Capítulo 3, este trabajo de investigación se fundamenta en la construcción de modelos científicos escolares desde una perspectiva epistemológica (Giere, 2004) y se complementa con una visión ontológica (Gutiérrez, 2014). Y puesto que el MCEA tiene una dimensión netamente didáctica, tanto la perspectiva epistemológica como la ontológica -procedentes del ámbito de la filosofía de la ciencia: perspectiva semanticista- quedan subsumidas en dicha dimensión (López-Mota y Moreno-Arcuri, 2014).

También, a partir de la definición de modelo científico que propone Gutiérrez (2014), fue que construí los modelos de referencia -descritos en los siguientes apartados- y homogeneicé la información -toda en términos de modelos-, con el fin de contar con elementos que me permitieron direccionar una SD basada en modelos y promover la modelización de fenómenos de la ciencia con justificación educativa.

Modelo Estudiantil Inicial (MEI)

Para la construcción de este modelo, es importante retomar las representaciones internas de los sujetos, generados por la percepción y por lo estudiado en el aula en grados anteriores o por influencia del contexto social, con el propósito de dar a conocer el proceso de construcción y transformación de estas representaciones (Greca y Moreira, 1998b), teniendo como referente lo planteado en el MCEA. Dichas representaciones, reportadas en la literatura especializada (ver capítulo 2; principalmente Pereda, 2008), las retomé para construir el MEI. A partir de estas ideas previas, inferí las *entidades*, las *propiedades* que les asignaron a dichas entidades, así como las *relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas* y que se establecen con un ‘*si... entonces...*’ (Tabla 4.1):

Tabla 4.1
Modelo Estudiantil Inicial.

Entidades	Propiedades	Relaciones/ Reglas de Inferencia	Inferencias Generalizadas
Globo, Cabello, Pared Cabello, Cepillo Regla de plástico, Trozos de Papel	Objetos [globo, papel o cabello] son ligeros y algunos de plástico. Después de frotar los objetos [Globo, cabello, regla de plástico] tienen electricidad o propiedades de atracción como las de un imán.	Si se frota el globo/regla de plástico/cepillo con el cabello, <i>entonces</i> se atrae a la pared/cabello/trozos de papel. Si se frotran estos objetos se perciben ‘toques’ o se escuchan chasquidos.	Si se frota con intensidad uno de los cuerpos, <i>entonces</i> la atracción entre ambos cuerpos será mayor.

Modelo Curricular (MCu)

Para construir este modelo, analicé los contenidos presentados en los Planes y Programas

de Estudio de Educación Básica, Secundaria-Ciencias II (SEP, 2011:57), relativos a los fenómenos electrostáticos (Tabla 4.2), y los Planes y Programas de Estudio para la Educación Básica, Ciencias y Tecnología. Física. Secundaria 2017 (Tabla 4.3).

Tabla 4.2

Parte del Bloque IV de los Planes y Programas de estudio de Educación Básica. Secundaria-Ciencias II (2011).

Bloque IV. Manifestaciones de la estructura interna de la materia	
<i>Aprendizajes esperados</i>	<i>Contenidos</i>
<ul style="list-style-type: none"> Describe la constitución básica del átomo y las características de sus componentes con el fin de explicar algunos efectos de las interacciones electrostáticas en actividades experimentales y/o en situaciones cotidianas. 	<ul style="list-style-type: none"> Características básicas del modelo atómico: núcleo con protones y neutrones, y electrones en órbitas. Carga eléctrica del electrón. Efectos de atracción y repulsión electrostáticas.

En este Programa de estudios, se menciona que:

“Se propone que los alumnos construyan una idea básica del modelo de átomo, que les permita un primer acercamiento a la explicación de algunos fenómenos eléctricos y luminosos. Se plantea una revisión histórica para analizar cómo los científicos fueron deduciendo un modelo atómico constituido por un núcleo (con protones y neutrones) y electrones. Se propone la experimentación con interacciones electrostáticas, con la corriente y la resistencia eléctrica; de este modo, las características del modelo atómico son la base para analizar y explicar fenómenos y procesos eléctricos considerando la carga y el movimiento de los electrones” (p. 52).

Uno de los contenidos previos para abordar los fenómenos electrostáticos es: “Proceso histórico del desarrollo del modelo atómico: aportaciones de Thomson, Rutherford y Bohr; alcances y limitaciones de los modelos.” (SEP, 2011:52). Este planteamiento curricular *no indica* qué modelo atómico debiera adoptarse. Además, en los aprendizajes esperados, no está contundentemente fundamentados en resultados de investigación, por lo que no habría obligación de partir la enseñanza o la SD desde algún modelo en particular. He decidido abordar dichos fenómenos a partir del modelo de Bohr por ser el de ‘mayor complejidad’ para este nivel

educativo, y con la idea de que los modelos que construyan los estudiantes en esta secuencia didáctica logren explicar los fenómenos electrostáticos a partir de éste.

Como se observó en la Tablas 4.2, los contenidos que abordan los fenómenos electrostáticos, no están estructurados en forma de modelos, sino que consisten en un listado de bloques de estudio y ejes de contenidos, con sus respectivos aprendizajes esperados. Así, como en el caso del MEI, inferí -con el soporte de la definición de modelo adoptada- las *entidades*, con las *propiedades* asignadas a dichas entidades y, *relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas*, que a mi juicio estaban contenidas en los programas referidos, configurando el MCu de la siguiente manera (Tabla 4.3):

Tabla 4.3
Modelo Curricular

Entidades	Propiedades	Relaciones/ Reglas de Inferencia	Inferencias Generalizadas
Protones Neutrones Electrones	Los electrones presentan carga eléctrica [negativa].	Si las cargas eléctricas interactúan entre sí, <i>entonces</i> se producen fuerzas de atracción o repulsión.	-No se explicitan-

Modelo Científico (MCi)

Muchos de los contenidos científicos se presentan como un conjunto de conceptos y leyes desarticulados. Así que, de igual manera, tomé en cuenta las teorías científicas y modelos que soportan dicho contenido curricular -Electrostática-, consultando libros de Física utilizados en el nivel educativo superior: Cromer, A. (1996); Halliday, D., Resnik, R. y Krane, K. (1999); Purcell, E. (2001); Reitz, J., Milford, F. y Christy, R. (2001); Beiser, A. (2003); Piña, E. (2003); Hewitt, P. (2007). La Tabla 4.4 muestra dicho Modelo Científico (MCi)

Tabla 4.4
Modelo Científico

Entidades	Propiedades	Relaciones/ Reglas de inferencia ⁹	Inferencias Generalizadas ¹⁰
Electrones	<p>Portador de carga eléctrica negativa.</p> <p>Presenta un campo eléctrico en la región que rodea a esta carga; manifestándose dicho campo en la presencia de otra carga eléctrica.</p> <p>Los electrones ubicados en los niveles de energía más alejados del núcleo, pueden ser atraídos por otro átomo cercano.</p>	<p><i>Si</i> dos cargas están dispuestas en posiciones relativamente cercanas entre sí, <i>entonces</i> se manifiestan fuerzas eléctricas de atracción o repulsión.</p> <p><i>Si</i> una carga positiva (negativa) es liberada en la vecindad de otra carga positiva (negativa), <i>entonces</i> experimenta una fuerza de repulsión que actúa radialmente hacia fuera; implicando que las líneas de fuerza de una carga puntual positiva/negativa estén dirigidas radialmente hacia fuera.</p>	<p>Dos cargas eléctricas estacionarias, tienden a repelerse o atraerse entre sí con una fuerza proporcional al valor de las cargas e inversamente proporcional a su distancia mutua [Ley de Coulomb: $F = (k) q_1 q_2 / r^2$].</p>
Protones	<p>Portador de carga eléctrica positiva.</p> <p>Presenta un campo eléctrico en la región que rodea a esta carga; manifestándose dicho campo en la presencia de otra carga eléctrica.</p> <p>Se encuentran en el núcleo del átomo.</p>	<p><i>Si</i> dos cargas de signos opuestos se encuentran en proximidad, <i>entonces</i> la concentración de líneas de campo es más grande en la región entre las cargas y se llevan hacia la región central, presentándose una atracción entre ambas.</p>	
Neutrones	<p>No posee carga eléctrica</p> <p>Se encuentran en el núcleo del átomo.</p>		

Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA)

El MCEA resulta muy útil para homogeneizar la información en términos de modelos y poder comparar o ‘tensionar’ el MEI, el M_{Cu} y el M_{CI}, (Tabla 4.5):

⁹ y ¹⁰ No se afirma se puedan observar *dos* cargas eléctricas, pues es el planteamiento científico, es decir, la explicación del fenómeno a nivel atómico. Además, la ecuación para la ley de Coulomb se plantea para calcular la fuerza electrostática entre *dos* cargas.

Tabla 4.5

Comparación o ‘Tensión’ entre los modelos MEI, MCu y MCI.

	MEI	MCu	MCI
Entidades	Globo-Cabello-Pared Cabello-Cepillo Regla de plástico-Papel	Protones Neutrones Electrones	Electrones Protones
Propiedades	Objetos [globo, papel o cabello] son ligeros y algunos de plástico. Después de frotar los objetos [Globo, cabello, regla de plástico] tienen electricidad o propiedades de atracción como las de un imán.	Los electrones presentan carga eléctrica [negativa].	Portador de carga eléctrica negativa. Presenta un campo eléctrico en la región que rodea a esta carga; manifestándose dicho campo en la presencia de otra carga eléctrica. Los electrones ubicados en los niveles de energía más alejados del núcleo, pueden ser atraídos por otro átomo cercano. Portador de carga eléctrica positiva. Presenta un campo eléctrico en la región que rodea a esta carga; manifestándose dicho campo en la presencia de otra carga eléctrica. Se encuentran en el núcleo del átomo. No posee carga eléctrica Se encuentran en el núcleo del átomo.
Relaciones/ Reglas de inferencia	Si se frota el globo/regla de plástico/cepillo con el cabello, entonces se atrae a la pared/cabello/trozos de papel. Si se frotan estos objetos se perciben ‘toques’ o se escuchan chasquidos.	Si las cargas eléctricas interactúan entre sí, entonces se producen fuerzas de atracción o repulsión.	Si una varilla de vidrio ha sido cargada positivamente con un trozo de seda, entonces atraerá un trozo pequeño de corcho -aún cuando el corcho esté descargado-. Si dos cargas están dispuestas en posiciones relativamente cercanas entre sí, entonces se manifiestan fuerzas eléctricas de atracción o repulsión. Si una carga positiva (negativa) es liberada en la vecindad de otra carga positiva (negativa), entonces experimenta una fuerza de repulsión que actúa radialmente hacia fuera; implicando que las líneas de fuerza de una carga puntual positiva/negativa estén dirigidas radialmente hacia fuera. Si dos cargas de signos opuestos se encuentran en proximidad, entonces la concentración de líneas de campo es más grande en la región entre las cargas y se llevan hacia la región central, presentándose una atracción entre ambas.

Inferencias Generalizadas	Si se frota con intensidad uno de los materiales, <i>entonces</i> la atracción entre ambos será mayor.	-No se explicitan-	Dos cargas eléctricas estacionarias, tienden a repelerse o atraerse entre sí con una fuerza proporcional al valor de las cargas e inversamente proporcional a su distancia mutua [Ley de Coulomb: $F = (k) q_1q_2/r^2$].
----------------------------------	--	--------------------	--

De esta manera postulé el MCEA (Tabla 4.6); el cual se propone como una hipótesis directriz, clara y explícita, y que permite contar con criterios para diseñar y validar una SD basada en modelos y modelización (López-Mota y Moreno-Arcuri, 2014):

Tabla 4.6
Modelo Científico Escolar de Arribo

Entidades	Propiedades	Relaciones/ Reglas de inferencia	Inferencias Generalizadas
Electrones Protones	<p>Los electrones poseen cargas eléctricas negativas.</p> <p>Los protones poseen cargas eléctricas positivas.</p> <p>La materia es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales pueden peder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>	<p>Si se frotan algunos materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción.</p> <p>Si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán fuerzas de repulsión.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente, se pone en contacto con un material conductor, entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p>	<p>Si aumentan las cargas eléctricas negativas en un cuerpo, entonces aumentarán las fuerzas de atracción/repulsión.</p> <p>Si aumenta la distancia entre dos cuerpos electrizados (o uno de ellos electrizado), entonces disminuirán las fuerzas de atracción/repulsión. [Por el contrario, si disminuye la distancia entre estos dos cuerpos, entonces aumentarán las fuerzas eléctricas].</p>

El MCEA “queda ubicado en un modelo que se encuentra entre el modelo inicial de los estudiantes y el modelo curricular, pero en la línea de explicación del modelo científico” (López-Mota y Moreno-Arcuri, 2014). Al integrar dicho modelo, ya lo planteo a nivel de materiales electrizados y no de *una* o *dos* cargas eléctricas; pues el supuesto subyacente sería que si los estudiantes comprenden que la interacción entre *dos* cargas es de atracción o repulsión, es más sencillo aceptar que si eso sucede con un número indefinido y grande de cargas, ello podría explicar -con base en un planteamiento atómico de la materia- lo que se percibe a nivel visual; es decir, se busca que los estudiantes expliquen el comportamiento de dicho materiales, mediante la adopción del modelo de Bohr.

Otra idea que busqué introducir en este modelo es que los estudiantes logran construir una visión microscópica de algunas propiedades que presentan los protones y electrones, como sus cargas eléctricas -carga eléctrica positiva y carga eléctrica negativa, respectivamente-. Con ello, los estudiantes podrán explicar desde el punto de vista científico -y desde el modelo atómico de Bohr- lo que provoca las fuerzas de atracción y de repulsión entre los materiales al cargarse eléctricamente. Al mismo tiempo, el equilibrio de estas cargas eléctricas en un cuerpo explicará lo que sucede cuando no está cargado eléctricamente.

También busqué que los estudiantes pudieran construir la idea de que estos materiales -de la serie triboeléctrica- pueden desequilibrar sus cargas eléctricas -aumento de electrones-, logran atraer o repeler otros materiales con mayor fuerza. Finalmente, introduje en el MCEA, la idea de que la distancia entre los materiales electrizados determinará la magnitud de las fuerzas de atracción o repulsión, pues mientras más cercanos estén éstos, mayor serán las fuerzas electrostáticas y viceversa.

El modelo que construyan los estudiantes al término de la SD -nombrado para este trabajo

Modelo Científico Escolar Logrado (MCEL)- se espera que este de acuerdo -o lo más cercano posible- a las concepciones científicamente compartidas, es decir, al modelo que se construyó como el referente a alcanzar: MCEA. De esta manera, no se espera que el estudiante ‘aprenda’ -o memorice- los contenidos del libro de texto, sino que construya un modelo que le permita describir, explicar y predecir los fenómenos los electrostáticos.

4.2 Criterios de Diseño de la Secuencia Didáctica

El MCEA que mostré en el apartado anterior, es la propuesta de referencia que me propongo alcanzar con los estudiantes de secundaria para explicar los fenómenos electrostáticos: busqué actividades experimentales que le permitieran a los estudiantes ir acercándose a dicho referente y que fueran construyendo un modelo con las entidades y sus propiedades, relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas que se mostraron anteriormente.

Con esta idea en mente, establecí los criterios que orientaron el diseño de la SD basada en modelos y que a continuación enuncio:

Teóricos

- Alentar un acercamiento al fenómeno en cuestión y exploración del mismo al promover su explicación con base en el desarrollo de modelos.
- Identificar entidades (electrones y protones) y propiedades (cargas eléctricas de las partículas; la materia es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas; algunos materiales pueden perder/ganar electrones) no consideradas por los estudiantes en su MEI y que son requeridas para explicar el fenómeno en cuestión, en términos del MCE.

- Introducir las relaciones/reglas de inferencia (si se frotran algunos materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones; si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción; si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán fuerzas de repulsión; si un material cargado eléctricamente, se pone en contacto con un material conductor, entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor) no consideradas en su MEI y que son necesarias para explicar algunos fenómenos electrostáticos, en términos del MCEA.
- Establecer inferencias generalizadas (Si aumentan las cargas eléctricas negativas en un cuerpo, entonces aumentarán las fuerzas de atracción/repulsión; si aumenta la distancia entre dos cuerpos electrizados (o uno de ellos electrizado), entonces disminuirán las fuerzas de atracción/repulsión. [Por el contrario, si disminuye la distancia entre estos dos cuerpos, entonces aumentarán las fuerzas eléctricas].) no visualizadas por en su MEI y que están postuladas para su logro en el MCEA y explicar el fenómeno tal como ha sido considerado en éste.

Metodológicos

- Delinear etapas o fases en la SD con base en la definición de modelo adoptada.
- Conocer en qué medida el MCEL de los estudiantes se acerca al MCEA al final de la SD y así validar dicha secuencia.
- Diseñar una situación en la que se pueda aplicar el MCEL, pero a un nuevo fenómeno electrostático, aunque de carácter muy similar al introducido en clase.

Pragmáticos

- Desarrollar la SD en una escuela secundaria pública, en condiciones normales de clase.

4.3 Diseño De La Secuencia Didáctica

De acuerdo con los criterios antes mencionados, y tomando como referencia lo mencionado en el Capítulo 2, en el apartado 2.2 -“Secuencias Didácticas basadas en los Modelos y la Modelización”-, la SD la diseñé en cuatro fases:

Fase 1. Exploración del Modelo Estudiantil Inicial (MEI):

- A partir de observaciones empíricas o evidencias experimentales del sistema o del fenómeno a estudiar.
- Expresar las representaciones iniciales de los estudiantes, por escrito y con dibujos.
- Identificar las entidades, propiedades, relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas en los MEI.

Fase 2. Construcción del Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA).

- Introducción del fenómeno que se desea modelizar.
- Ayudar al estudiante introduciendo las entidades, propiedades, relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas del fenómeno de estudio para que pueda construir conocimiento, a través de un modelo lo más cercano posible al MCEA, a partir de actividades experimentales.

2.1 Introducir las entidades y propiedades del fenómeno previstas en el MCEA.

2.2 Introducir las relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas consideradas en el MCEA.

Fase 3. Expresión del Modelo Científico Escolar Logrado (MCEL).

- Identificar las entidades, propiedades, relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas en una situación experimental y que se lograron construir a lo largo de la SD.

Fase 4. Aplicación del MCEL (Modelo Científico Escolar Aplicado: MCEAp).

- Realizar contraste experimental y predicción del fenómeno.
- Poner a prueba el modelo logrado por el estudiante (MCEL).
- Utilizar el MCEL en la interpretación de otros fenómenos similares a los presentados en la SD.
- Aplicar el MCEL construido y que se constituirá en el Modelo Científico Escolar Aplicado (MCEAp).

Tabla 4.7
Resumen de la SD

Fase	Propósito	Relación con criterios de diseño	Actividades
1. Exploración del MEI	Presentar situaciones donde se manifiesten algunos fenómenos electrostáticos por frotación e identificar qué entidades, propiedades, Relaciones/Reglas de inferencia e Inferencias Generalizadas presentan los estudiantes al inicio la SD.	Alentar un acercamiento y exploración de los fenómenos electrostáticos, al promover su explicación con base en el desarrollo de modelos.	Evocar, Identificar y evaluar los Modelos Estudiantiles Iniciales sobre los fenómenos electrostáticos.

<p>2. Construcción del MCEA</p>	<p>Introducir las entidades: Electrones y Protones.</p> <p>Y sus propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los electrones poseen cargas eléctricas negativas. - Los protones poseen cargas eléctricas positivas. - La materia es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas. - Algunos materiales pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones). <p>Introducir las relaciones/reglas de inferencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si se frota algunos materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones. - Si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción. - Si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán fuerzas de repulsión. - Si un material cargado eléctricamente, se pone en contacto con un material conductor, entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor. <p>Introducir las inferencias generalizadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si aumentan las cargas eléctricas negativas en un cuerpo, entonces aumentarán las fuerzas de atracción/repulsión. - Si aumenta la distancia entre dos cuerpos electrizados (o uno de ellos electrizado), entonces disminuirán las fuerzas de atracción/repulsión. [Por el contrario, si disminuye la distancia entre estos dos cuerpos, entonces aumentarán las fuerzas eléctricas]. 	<p>Delinear etapas o fases de la SD con base en la definición de modelo adoptada.</p> <p>Introducir entidades no consideradas por los estudiantes en su modelo inicial y que son requeridas para explicar los fenómenos electrostáticos, en términos del MCEA.</p> <p>Introducir las relaciones/reglas de inferencia entre las entidades no consideradas por los estudiantes en su MEI y que son necesarias para explicar los fenómenos electrostáticos, en términos del MCEA.</p> <p>Buscar establecer reglas de inferencia e inferencias generalizadas no visualizadas por los estudiantes en su MEI y que están postuladas para lograr el MCEA y explicar el fenómeno como ha sido considerado en éste.</p> <p>Alentar un acercamiento y exploración de los fenómenos electrostáticos, al promover su explicación con base en el desarrollo de modelos.</p>	<p>Experimentar con algunos fenómenos electrostáticos.</p> <p>Describir algunos fenómenos electrostáticos y la naturaleza de los mismos, a nivel microscópico y macroscópico.</p> <p>Explicar la forma en cómo se carga eléctricamente un cuerpo (por frotación) y la diferencia que hay con un cuerpo eléctricamente neutro.</p> <p>Relacionar las fuerzas de atracción y repulsión de cuerpos cargados con los dos tipos de cargas existentes.</p> <p>Construir un instrumento sencillo para detectar cargas eléctricas presentes en los cuerpos cargados y explicar su funcionamiento.</p> <p>Obtener evidencias en cada fase de la SD.</p>
<p>3. Expresión del MCEL</p>	<p>Presentar una situación donde se manifieste un fenómeno electrostático e identificar cuáles son las Entidades, Propiedades, Relaciones/Reglas de inferencia e Inferencias Generalizadas que presentan los estudiantes al finalizar la SD</p>	<p>Presentar una situación en la que se construya el MCEL.</p>	<p>Evocar, Identificar y evaluar el modelo construido por los estudiantes.</p>

<p>4. Aplicación del MCEL (MCEAp)</p>	<p>Utilizar el MCEL en la interpretación de otros fenómenos similares a los presentados en la SD.</p> <p>Poner a prueba el MCEL por el estudiante y confrontar experimentalmente con un nuevo fenómeno electrostático.</p>	<p>Presentar una situación en la que se pueda aplicar el MCEL de los estudiantes, pero a un nuevo fenómeno electrostático; aunque de carácter muy similar a los introducidos en las fases anteriores.</p>	<p>Experimentar con algún fenómeno electrostático diferente a los vistos en la SD.</p>
--	--	---	--

En la Figura 4.7 presento un esquema de la SD dosificando las 4 fases en 6 sesiones, tomando en cuenta que cada sesión consta de 50 minutos:

Figura 4.7

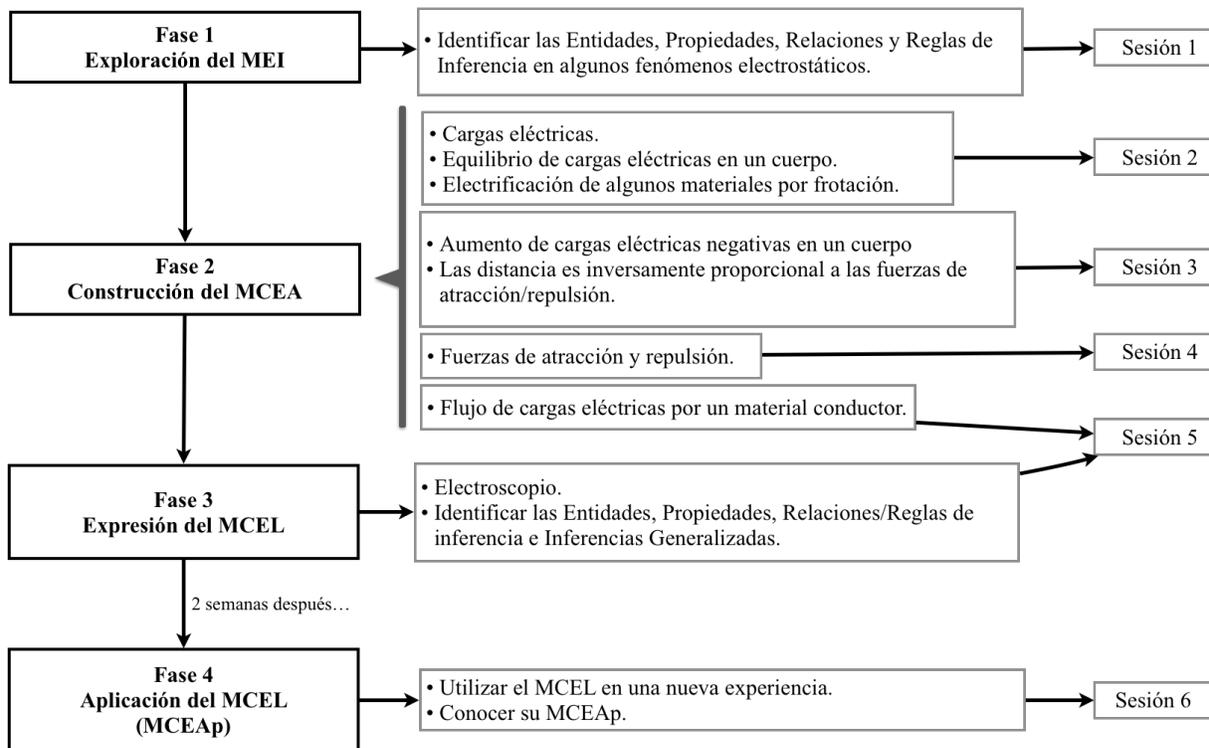


Figura 4.7. Esquema que muestra un resumen de las fases, los propósitos y las sesiones en la SD.

El MCEA, la SD, y los instrumentos utilizados en ésta (ver anexos 1 al 11), fueron validados, por el tutor de esta tesis, y por algunas especialistas¹¹ en el campo, contribuyendo de esta manera, a la objetividad del trabajo.

Las aportaciones y ajustes que realicé, derivadas de esta validación, fueron: diseñar una actividad/sesión para recuperar el MCEL de cada estudiante; introducir el modelo atómico de Bohr para abordar el comportamiento de las partículas subatómicas responsables de los fenómenos electrostáticos; diseñar los instrumentos para recuperar evidencias de cada una de las categorías a analizar: entidades, propiedades, relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas; y utilizar algunos materiales caseros de la serie triboeléctrica con mayor electronegatividad.

A continuación, en las Tablas 4.8 y siguientes, se describen las seis sesiones de la SD. Las actividades están diseñadas para que en cada sesión se vayan introduciendo los elementos del MCEA (ver apartado anterior ‘Modelo Científico Escolar de Arribo’) y que son necesarios para ir transformando el MEI. La SD incluye actividades de exploración en las que se experimentan con algunos materiales de la serie triboeléctrica, como por ejemplo: paño de lana, tubo de PVC, globo, espuma de poliestireno, pelo humano, aluminio, cobre, papel, entre otros; y discusiones o cuestionamientos en equipos poco numerosos y, en ocasiones, con la participación de todo el grupo, que guían la exploración de ciertos fenómenos electrostáticos hasta la construcción de su MCEL y MCEAp.

¹¹ Dra. Carla Hernández (Universidad de Santiago de Chile), Dra. Rufina Gutiérrez (Universidad Autónoma de Barcelona), Dra. Pilar Segarra (Universidad Nacional Autónoma de México) y Dra. Nidia Tuay (Universidad Pedagógica Nacional, Colombia)

Tabla 4.8
Sesión 1 de la SD.

Sesión	1	
Fase 1	Exploración del MEI	
Propósito	Presentar situaciones donde se manifiesten algunos fenómenos electrostáticos por frotación e identificar qué entidades, propiedades, Relaciones/Reglas de inferencia e Inferencias Generalizadas presentan los estudiantes al inicio la SD.	
Relación con criterios de diseño	Alentar un acercamiento y exploración de los fenómenos electrostáticos, al promover su explicación con base en el desarrollo de modelos.	
Actividades	Recursos	Duración
<p>En equipos de 3 o 4 integrantes se les reparten materiales para frotar uno de éstos con un paño de lana y experimentar la atracción ante otro material:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Paño de lana-Globo-Pared - Paño de lana-Cintas de celoseda-Pared - Paño de lana-Popote-Pared - Paño de lana-Tubo PVC/Globo-Virutas de madera - Paño de lana- Tubo PVC-Trozos de papel - Paño de lana-Tubo PVC-Chorro de agua <p>Se les reparte el Anexo 1 para que plasmen sus descripciones o explicaciones, ya sea de manera escrita y/o gráfica.</p> <p>Se realizan preguntas a los estudiantes para que reflexionen cada situación experimental, como por ejemplo: ¿Qué tiene el tubo PVC que se frotó con el paño de lana para que atraiga a los trozos de papel?, ¿Qué tendrá de diferente el tubo PVC que se frotó con el que no se frotó?, y así para cada material y para cada experiencia.</p> <p>Identificar las entidades, propiedades, relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas, que los estudiantes manifiestan durante las actividades experimentales y el instrumento aplicado.</p>	<p>Para cada alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Material impreso (Anexo 1) <p>Para cada equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 Globo y paño de lana. - Trozos de cinta celoseda y paño de lana. - 1 Popote y paño de lana. - Tubo PVC, paño de lana, virutas de madera. - Tubo PVC, paño de lana, papelitos. - 2 vasos de plástico, Agua Tubo PVC y paño de lana. 	50 min

Tabla 4.9
Sesión 2 de la SD.

Sesión	2	
Fase 2	Construcción del MCEA	
Propósito	<p>Introducir las entidades: Electrones y Protones.</p> <p>Y sus propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Los electrones poseen cargas eléctricas negativas. - Los protones poseen cargas eléctricas positivas. - La materia es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas. - Algunos materiales pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones). 	
Relación con criterios de diseño	<p>Delinear etapas o fases de la SD con base en la definición de modelo adoptada.</p> <p>Introducir entidades no consideradas por los estudiantes en su modelo inicial y que son requeridas para explicar los fenómenos electrostáticos, en términos del MCEA.</p> <p>Introducir las relaciones/reglas de inferencia entre las entidades no consideradas por los estudiantes en su MEI y que son necesarias para explicar los fenómenos electrostáticos, en términos del MCEA.</p>	
Actividades	Recursos	Duración
<p>Hacer un repaso de las situaciones experimentales que los estudiantes realizaron en la sesión pasada.</p> <p>Se reparte la lectura a cada estudiante ‘La electricidad estática’ (anexo 2) para contestar el cuestionario del anexo 3. Al final, en consenso grupal se hace un repaso de la lectura y del cuestionario.</p> <p>Se reparte la tabla del anexo 4 y, en consenso grupal, se completa. Al mismo tiempo, se muestran los materiales con los que trabajaron en la sesión anterior y, retomando la lectura ‘La electricidad estática’, se relaciona con la tabla del anexo 4.</p>	<p>Para cada alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Material impreso (anexo 2): Lectura ‘La electricidad estática’ (anexo 3), y Cuestionario (anexo 4). <p>Para el profesor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Popote - Trozos de cinta celoseda - Globo - Tubo PVC - Paño de lana - Virutas de madera - Papelitos - Agua 	50 min

Tabla 4.10
Sesión 3 de la SD

Sesión	3	
Fase 2	Construcción del MCEA	
Propósito	<p>Introducir las propiedades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La materia es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas. - Algunos materiales pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones). <p>Introducir las relaciones/reglas de inferencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si se frota algunos materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones - Si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción. <p>Introducir las inferencias generalizadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si aumentan las cargas eléctricas negativas en un cuerpo, entonces aumentarán las fuerzas de atracción. - Si aumenta la distancia entre dos cuerpos electrizados (o uno de ellos electrizado), entonces disminuirán las fuerzas de atracción/repulsión. [Por el contrario, si disminuye la distancia entre estos dos cuerpos, entonces aumentarán las fuerzas eléctricas]. 	
Relación con criterios de diseño	<p>Delinear etapas o fases de la SD con base en la definición de modelo adoptada.</p> <p>Introducir las relaciones/reglas de inferencia entre las entidades no consideradas por los estudiantes en su MEI y que son necesarias para explicar los fenómenos electrostáticos, en términos del MCEA.</p> <p>Buscar establecer reglas de inferencia e inferencias generalizadas no visualizadas por los estudiantes en su MEI y que están postuladas para lograr el MCEA y explicar el fenómeno como ha sido considerado en éste.</p> <p>Alentar un acercamiento y exploración de los fenómenos electrostáticos, al promover su explicación con base en el desarrollo de modelos.</p>	
	Actividades	Duración
	<p>En equipos de 2 o 3 integrantes, desarrollarán una experiencia electrostática (Anexo 5): con un paño de lana se frota un tubo PVC y se acerca a una tira de papel metálico. Cada estudiante registra sus observaciones y explicaciones, retomando las preguntas del anexo 5, se cuestiona a los estudiantes para orientar sus respuestas.</p>	<p>25 min</p>
	<p>Se realiza otra situación experimental demostrativa (Anexo 6) -de la misma naturaleza- para consensar a nivel grupal: Con ayuda del popote, se forma una burbuja con agua jabonosa sobre un protector de hojas y se acerca un tubo PVC que se frotó anteriormente con el paño de lana.</p>	<p>25 min</p>
	Recursos	
	<p>Para cada equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tira de papel metálico - Tubo PVC - Paño de lana 	
	<p>Para el profesor o para cada equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 tubo PVC - Paño de lana - 1 protector de hojas - agua jabonosa - 1 popote 	

Tabla 4.11
Sesión 4 de la SD

Sesión	4	
Fase 2	Construcción del MCEA	
Propósito	<p>Introducir las relaciones/reglas de inferencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si se frota algunos materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones. - Si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción. - Si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán fuerzas de repulsión. 	
Relación con criterios de diseño	<p>Delinear etapas o fases de la SD con base en la definición de modelo adoptada.</p> <p>Alentar un acercamiento y exploración de los fenómenos electrostáticos, al promover su explicación con base en el desarrollo de modelos.</p> <p>Introducir las relaciones/reglas de inferencia entre las entidades no consideradas por los estudiantes en su MEI y que son necesarias para explicar los fenómenos electrostáticos, en términos del MCEA.</p>	
	Actividades	Recursos
	<p>En equipos de 2 o 3 integrantes desarrollarán una actividad experimental (Anexo 7): Se frota una tira de celofán con el paño de lana -o entre los dedos- y responden a los cuestionamientos del anexo 7. Después frotarán por separado las 2 tiras de celofán y se acercan desde un extremo. Los estudiantes registran sus observaciones y explicaciones.</p>	<p>Para cada equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 tiras de celofán (o acetato) - Paño de lana
	<p>Se realiza otra situación experimental demostrativa -de la misma naturaleza- para consensar a nivel grupal (Anexo 8): Se frota el tubo PVC y el aro de plástico con el paño de lana, se coloca cuidadosamente el aro de plástico sobre el tubo PVC. El comportamiento del aro de plástico dará la impresión de que éste 'levita' sobre el tubo. Se retoman las preguntas del anexo 7 y se orientan las respuestas de los estudiantes.</p>	<p>Para el profesor o por cada equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 tubo PVC - Paño de lana - 1 aro de plástico (de bolsa)
		Duración
		25 min
		25 min

Tabla 4.12
Sesión 5 de la SD

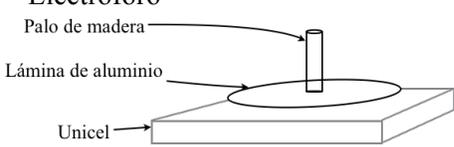
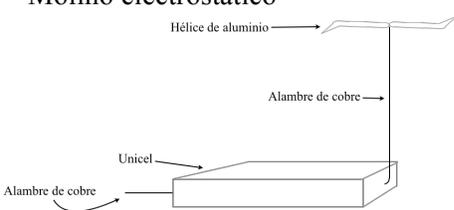
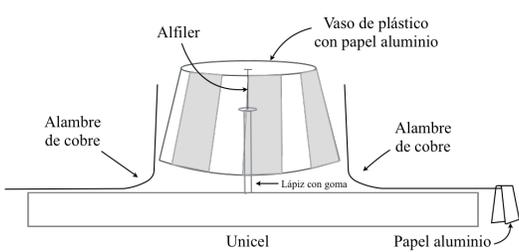
Sesión	5a / 5b	
Fase 2 y 3	Construcción del MCEA / Expresión del MCEL	
Propósito	<p>Introducir las relaciones/reglas de inferencia: Si un material cargado eléctricamente, se pone en contacto con un material conductor, entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p> <p>Presentar una situación donde se manifieste un fenómeno electrostático e identificar cuáles son las Entidades, Propiedades, Relaciones/Reglas de inferencia e Inferencias Generalizadas que presentan los estudiantes al finalizar la SD.</p>	
Relación con criterios de diseño	<p>Delinear etapas o fases de la SD con base en la definición de modelo adoptada.</p> <p>Buscar establecer reglas de inferencia e inferencias generalizadas no visualizadas por los estudiantes en su MEI y que están postuladas para lograr el MCEA y explicar el fenómeno como ha sido considerado en éste.</p> <p>Alentar un acercamiento y exploración de los fenómenos electrostáticos, al promover su explicación con base en el desarrollo de modelos.</p> <p>Presentar una situación en la que se construya el MCEL.</p>	
Actividades	Recursos	Duración
<p>El profesor realiza una situación experimental demostrativa (Anexo 9): Previamente se construyen dos dispositivos: ‘electróforo’ y ‘molino electrostático’; y brevemente se presenta a los estudiantes de qué materiales esta hecho y cómo se construyó.</p> <p>Después se carga eléctricamente el ‘electróforo’ (frotando la lámina de unigel con el paño de lana), el ‘electróforo’ toca la lámina de unigel electrificada y toca el alambre del ‘molino electrostático’, para observar lo que sucede con la ‘helice’ de aluminio.</p> <p>Se cuestiona a los estudiantes retomando las preguntas del anexo 9 y se orientan sus respuestas.</p>	<p>Para el profesor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ‘Electróforo’  <ul style="list-style-type: none"> - ‘Molino electrostático’  <ul style="list-style-type: none"> - Paño de lana - Lámina de unigel <p>Para el estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Material Impreso (Anexo 9) 	25 min
<p>Después, en equipos de 2 o 3 integrantes construyen un electroscopio (anexo 10). Se orienta el desarrollo de la actividad cuestionando a los estudiantes con las preguntas del anexo 10.</p> <p>Los estudiantes anota sus observaciones y explicaciones para evidenciar el MCEL.</p>	<p>Para cada equipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 1 Electroscopio (o material para hacerlo: Frasco de vidrio con tapa, un trozo de plastilina, alambre de cobre) - Paño de lana - Tubo de PVC <p>Para cada estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Material impreso (Anexo 10) 	25 min

Tabla 4.13
Sesión 6 de la SD

Sesión	6	
Fase 4	Aplicación del MCEL (MCEAp)	
Propósito	<p>Utilizar el MCEL en la interpretación de otros fenómenos similares a los presentados en la SD.</p> <p>Poner a prueba el MCEL por el estudiante y confrontar experimentalmente con un nuevo fenómeno electrostático.</p>	
Relación con criterios de diseño	Presentar una situación en la que se pueda aplicar el MCEL de los estudiantes, pero a un nuevo fenómeno electrostático; aunque de carácter muy similar a los introducidos en las fases anteriores.	
Actividades	Recursos	Duración
<p>Se presenta un globo y se pregunta a los estudiantes sobre la carga eléctrica que podría tener el globo. Registran sus respuestas en el instrumento del anexo 11. Posteriormente se frota el globo con el paño de lana y se coloca en la pared para que observen la atracción del globo con la pared. Nuevamente se pregunta a los estudiantes lo que esta sucediendo en este caso y van registrando sus explicaciones en el instrumento.</p> <p>Previamente a esta sesión, se construye el ‘motor electrostático’ casero, y se presenta a los estudiantes: de qué materiales esta construido y cómo funcionará. Se electrifica la regla de plástico y se toca el extremo del alambre de cobre, se observa que gira el vaso con papel aluminio. Los estudiantes registran sus respuestas y explicaciones sobre lo que sucede en el instrumento del anexo 11.</p>	<p>- Dispositivo: ‘Motor electrostático’ casero</p>  <p>- Globo o Regla de plástico</p> <p>- Paño de lana</p>	35 min

4.4 Ámbito De Aplicación de La Secuencia Didáctica

En un primer momento, se realizó un pilotaje de la SD en un grupo de 36 estudiantes que cursaban el segundo grado de secundaria en la escuela secundaria general número 136 “Dr. Enrique González Martínez” ubicada en calle San Juan esquina con Av. Talismán, Colonia

Industrial Aragón, Delegación Gustavo A. Madero, CDMX. Este pilotaje me permitió obtener resultados preliminares y realizar algunos ajustes al diseño de la SD.

La aplicación definitiva se realizó en mayo de 2016, en un grupo integrado por 54 estudiantes de segundo grado de secundaria, en la Escuela Secundaria Oficial Núm. 161 “Juan Escutia”, turno matutino; ubicada en Circuito Cuauhtémoc s/n, Ciudad Cuauhtémoc, Municipio de Ecatepec, Estado de México.

Inevitablemente, hubo algunos estudiantes del grupo que no estuvieron presentes en las cuatro fases de la SD y los datos recolectados de dichos estudiantes no se han utilizado, por lo que el número de estudiantes en las sesiones fue la siguiente: en la primer sesión estuvieron presentes 28 estudiantes; en las sesiones 2 a la 6, se recuperaron evidencias de 37 estudiantes de los 54 que formaban el grupo. Se trató de extender lo más posible el periodo de aplicación de la última sesión (para obtener el MCEAp), pero por causas ajenas al investigador y de fuerza mayor, la última fase de la secuencia -sesión 6-, se aplicó dos semanas posteriores a la sesión 5.

Cabe señalar, que la profesora de Ciencias de este grupo, ya había abordado el tema de ‘Explicación de los fenómenos eléctricos’ que señalaban los Planes y Programas de Estudio de Educación Básica Secundaria-Ciencias 2011.

5. Análisis y Discusión de Resultados

En este capítulo trato de responder a las preguntas de investigación planteadas al inicio de este trabajo (Capítulo 1) presentando dicho análisis en tres secciones:

5.1 Descripción General de los Modelos.

5.2 Trayectorias y Logro del MCEA.

5.3 Permanencia de los modelos. El modelo científico escolar aplicado (MCEAp).

A partir de los instrumentos aplicados durante la SD (Anexos 1-11) obtuve las evidencias que más adelante presentaré. Estos datos se recabaron de manera gráfica (dibujos) y escrita (explicaciones del dibujo). En estos casos, yo procedía a analizar el dibujo y el escrito: se podían observar las entidades, identificar propiedades y vinculaciones (relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas). En otros casos, no se contó con ambas informaciones (dibujos y explicaciones), por lo que tuve mucha precaución para no realizar inferencias objetivas, y circunscribí mi acción a plasmar en el análisis lo que podía derivarse de lo observado en los dibujos o en las explicaciones de los estudiantes -y que en la mayoría de estos casos se limitaba a una descripción del sistema o fenómeno-.

5.1 Descripción General de los Modelos

En esta sección presento los modelos -analizados a partir de las categorías derivadas de la definición de modelo, que 28 estudiantes construyeron en la Fase 1 (MEI) de la SD, y los modelos que 37 estudiantes elaboraron en la Fases 3; y qué tanto se aproximaron éstos al MCEA.

Partir de la definición de modelo, abordado en el capítulo 3, me permitió presentar los resultados por cada constituyente del modelo, es decir, obtuve las categorías para realizar un análisis de los modelos que construyeron los estudiantes: entidades, propiedades, relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas.

5.1.1 Modelos Estudiantiles Iniciales por Categoría Analítica: punto de partida

En la Fase 1 de la SD, apliqué un instrumento (Anexo 1) para conocer los modelos iniciales de 28 estudiantes del grupo en cuestión (ver resultados ‘crudos’ en Anexo 12). Esto me permitió responder a la pregunta de investigación ¿Cuáles son los modelos iniciales de los estudiantes de secundaria acerca de los fenómenos electrostáticos?.

De manera general, los resultados fueron los siguientes (Tabla 5.1):

Tabla 5.1
MEI

		n = 28
Entidades	Material: *globo, cinta celoseda, tubo de PVC, popote.	15/28
	Material* y aparece 'algo' alrededor de éste.	13/28
Propiedades	*Genera/se carga de electricidad.	15/28
	*Hace fricción.	3/28
	*Tiene energía.	3/28
	*Hace energía estática.	2/28
	*Produce calor.	2/28
	*Sale 'algo' del objeto.	2/28
	*Genera magnetismo	1/28
Relaciones/ Reglas de Inferencia	Si no/si se frota el material, entonces no/si se genera electricidad y no/si puede atraer a otros objetos.	11/28
	Si no/si se frota el material, entonces no/si produce energía y no/si puede atraer a otros objetos.	8/28
	Si no/si se frota el material, entonces no/si hay 'fricción' y no/si puede atraer a otros objetos.	5/28
	Si no/si se frota el material, entonces no/si genera un campo magnético y no/si puede atraer a otros objetos.	2/28
	Si no/si se frota el material, entonces no/si atrae a otros objetos.	2/28
Inferencias Generalizadas	No explicitan.	28/28

Entidades en el MEI

En la Tabla 5.1 los estudiantes (15/28) señalan como entidades responsables de la electrización, al objeto en sí mismo -globo, tubo PVC, cinta celoseda, popote- apareciendo en algunos casos (13/28), una entidad -no siempre explícita- alrededor del objeto (ver Figuras 5.1-5.4):

Figura 5.1

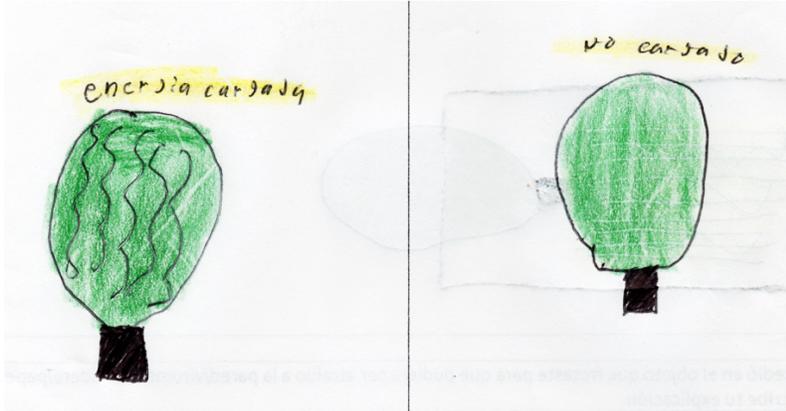


Figura 5.2

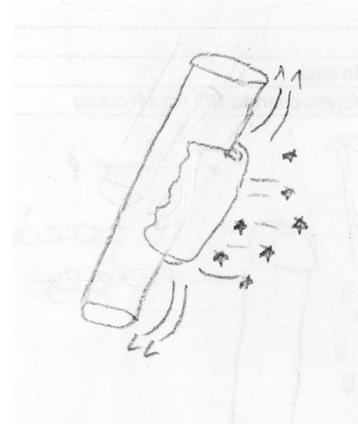


Figura 5.1 y 5.2. Los estudiantes número 3 y 7 respectivamente, muestran un globo y un tubo PVC electrizados.

Propiedades en el MEI

La mayoría de los estudiantes (15/28) indicó que las entidades -antes mencionadas-, adquieren propiedades como las de la Figura 5.3, donde el estudiante escribe ‘*tiene electricidad/no tiene electricidad*’. Otros estudiantes (13/28) atribuyeron propiedades como el ‘pegarse’ o atraerse a otros objetos (figura 5.4); y otro (1/28) mencionó que se comportan como un imán (figura 5.5).

Figura 5.3

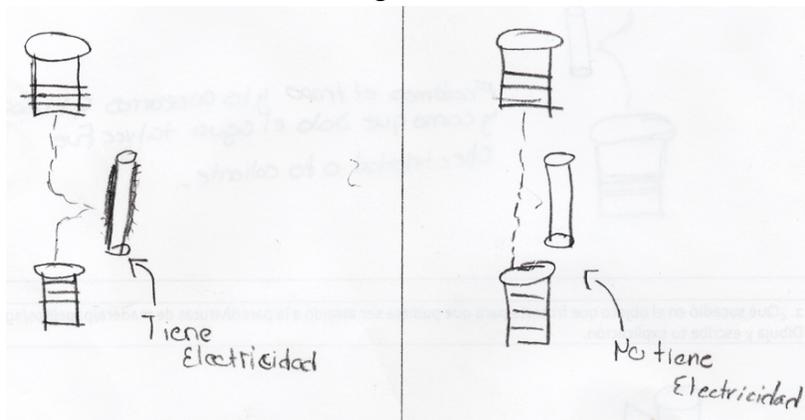


Figura 5.3. El estudiante número 13 representa un tubo PVC electrizado que se acerca a un chorro de agua.

Figura 5.4

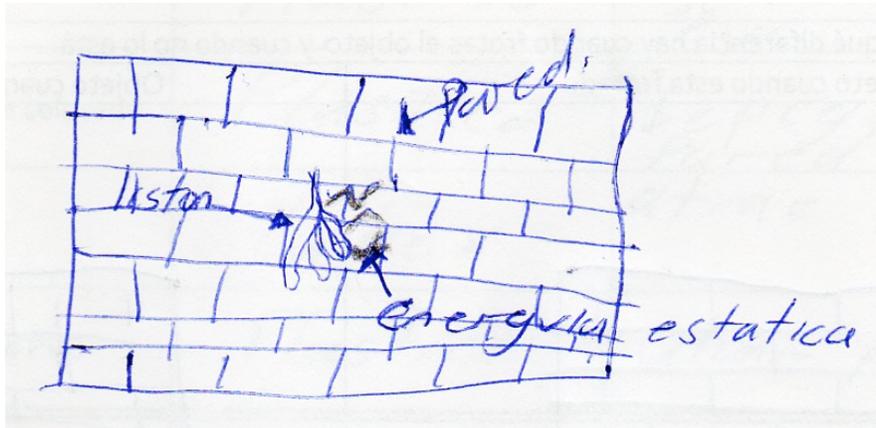


Figura 5.4. El estudiante número 25 representa una cinta celosada electrizada y que es atraída por la pared.

Figura 5.5

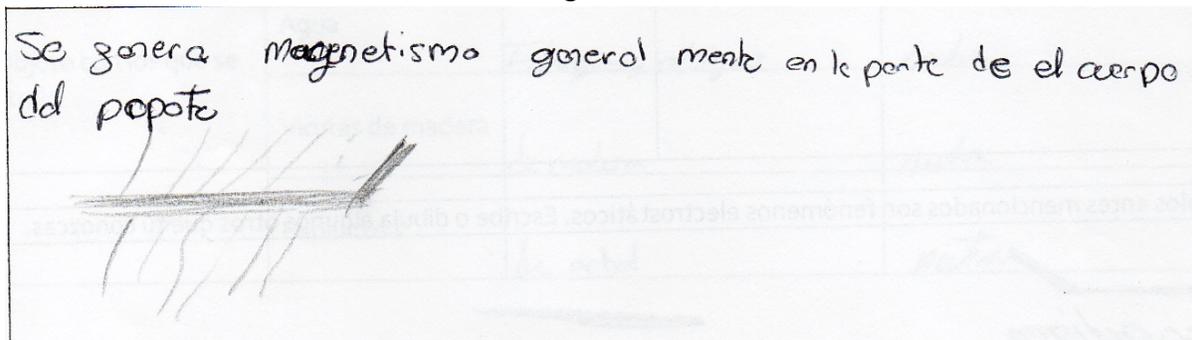


Figura 5.5. El estudiante número 19, representa un popote electrizado.

Relaciones/reglas de inferencia en el MEI

La explicación, que la mayoría de los estudiantes (11/28) dieron a los fenómenos presentados en esta sesión, fue que los materiales generaban electricidad por frotación (Figuras 5.6 y 5.7). Muy pocos estudiantes (17/28) explicaron, que al estar electrizado el material, podía ejercer fuerzas de atracción, como en las Figuras 5.6 y 5.7 -ninguno hizo mención de las fuerzas de repulsión-. Así mismo, hubo dos estudiantes que explicaban estos fenómenos como lo que sucede con los imanes (Figura 5.8):

Figura 5.6

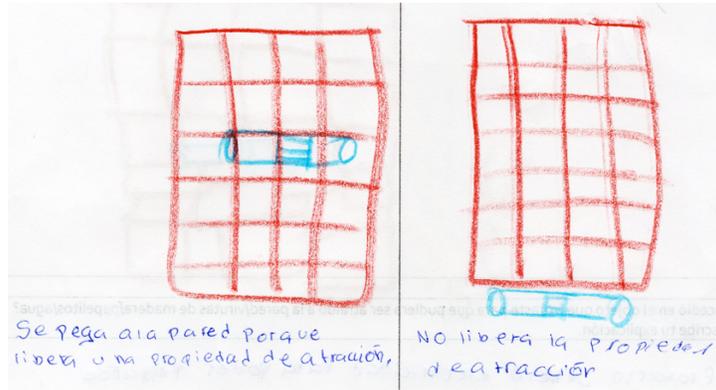


Figura 5.6. El estudiante número 11, explica lo que sucede con un popote que esta electrizado y se acerca a la pared.

Figura 5.7

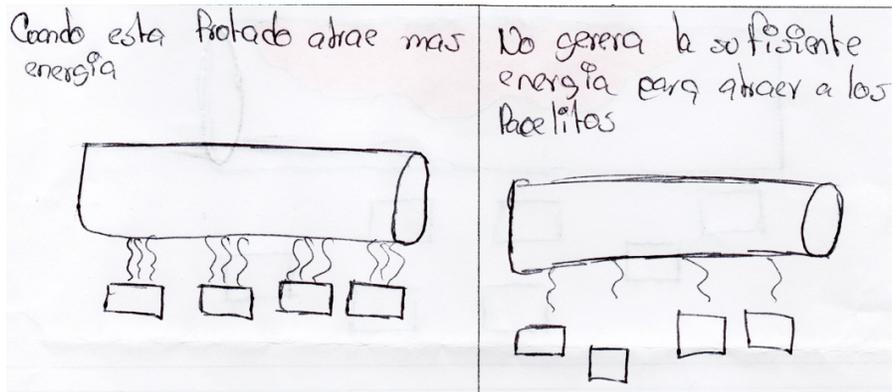


Figura 5.7. El estudiante número 14 explica lo que sucede con un tubo PVC electrizado al acercarlo a unos trozos de papel.

Figura 5.8

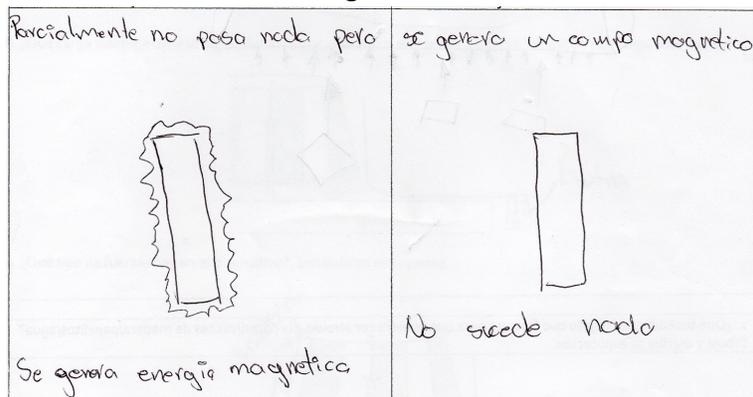


Figura 5.8. El estudiante número 10 explica lo que sucede al electrizar un tubo PVC.

Inferencias Generalizadas en el MEI

Como se observó en la Tabla 5.1, no identifiqué ninguna inferencia generalizada en las respuestas de los estudiantes.

En Síntesis

Los MEI de los 28 estudiantes, describieron y explicaron los fenómenos electrostáticos por mera percepción sensorial, y con algunos recuerdos de las clases que tuvieron con su profesora de grupo; aún así, algunos estudiantes representaron entidades y propiedades que ellos no podían ver, pues representaban ‘algo’ que surgía de los materiales que frotaron: mencionaban la presencia de energía o electricidad en dicho material. Más adelante veremos si estos modelos se lograron transformar al finalizar la SD y, por lo tanto, aproximarse al MCEA.

5.1.2 Modelos Científicos Escolares Logrados por Categoría Analítica

En la sesión 5b-Fase 3, apliqué un instrumento (Anexo 10) que me permitió conocer los MCEL (ver datos ‘crudos’ en Anexo 13). Con estos datos trataré de responder las preguntas de investigación ¿Qué tanto logran los estudiantes alcanzar nuestro referente (MCEA)? y ¿Qué tanto difieren los modelos elaborados por los estudiantes en clase de aquellos identificados como iniciales y del considerado como nuestro referente (MCEA)?

En la Tabla 5.2 se compara el MCEL con el MCEA, para analizar el alcance de la SD y la aceptación de la hipótesis directriz -MCEA-:

Tabla 5.2¹²

Comparación entre el MCEL y el MCEA

Modelo Científico Escolar Logrado (MCEL)	n=37 100%		Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA)
Electrones Protones	37 100%	Entidades	Electrones Protones
Materiales (Paño de lana, tubo PVC) sin frotar: tienen igual número de protones y electrones	28 76%	Propiedades	La materia es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas.
Materiales sin frotar: tienen cargas eléctricas (protones y electrones, en ocasiones predominando alguna de ellas)	9 24%		
Materiales frotados: ganan/pierden electrones	30 81%	Propiedades	Algunos materiales pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).
Materiales frotados: tienen igual número de protones y electrones	2 5%		
Materiales frotados: ganan/pierden protones	2 5%		
No explícita	3 8%		
Si se frota los materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones	19 51%	Relaciones/ Reglas de Inferencia	Si se frota algunos materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.
Si se frota los materiales, entonces 'se electrizan' con igual número de protones que de electrones	8 22%		
Si se frota los materiales, entonces 'se electrizan' ganando protones	2 5%		
No explícita	8 22%		
Si dos materiales (láminas de aluminio) tienen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producen fuerzas de repulsión.	17 46%	Relaciones/ Reglas de Inferencia	Si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán fuerzas de repulsión.
Si dos materiales (láminas de aluminio) tienen cargas eléctricas, entonces producen fuerzas de repulsión.	12 32%		

12

Categoría muy cercana a la del MCEA
Categoría cercana a la del MCEA
Categoría alejada a la del MCEA
Categoría muy alejada a la del MCEA

No explicita	8 22%		
Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) [electrones] se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces las cargas fluyen por dicho conductor.	19 51%		
Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces tiene cargas eléctricas	9 24%		Si un material cargado eléctricamente, se pone en contacto con un material conductor, entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.
Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) [protones] se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces tiene cargas eléctricas	2 5%		
No explicita	7 19%		
Si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumentan/disminuyen sus cargas eléctricas	18 49%	Inferencias Generalizadas	Si aumentan las cargas eléctricas negativas en un cuerpo, entonces aumentarán las fuerzas de atracción/repulsión.
Si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumenta/disminuye su fuerza de repulsión	10 27%		
No explicita	9 24%		

De las Tablas 5.3-5.6, se presenta un análisis más detallado -constituyente por constituyente- de estos resultados.

Entidades en el MCEL

Tabla 5.3
Entidades del MCEL vs MCEA

MCEL	vs	MCEA
Electrones Protones	37 100%	Electrones Protones

Todos los estudiantes (37/37) identificaron las cargas eléctricas como las entidades principales que intervienen en el fenómeno y que estuvieron presentes en los materiales utilizados -paño de lana y tubo de PVC- (Figuras 5.9 y 5.10).

Figura 5.9

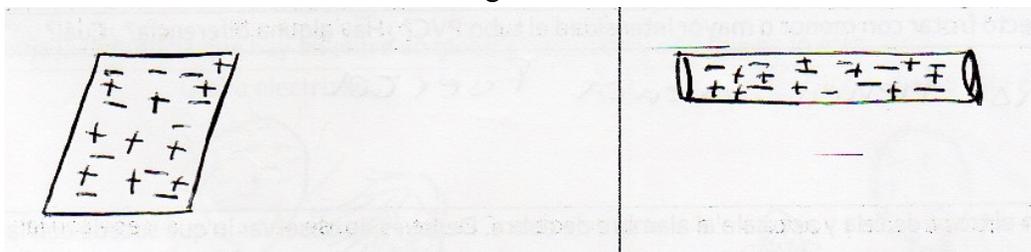


Figura 5.9. El estudiante número 30 representa el paño de lana y tubo de PVC con cargas eléctricas

Figura 5.10

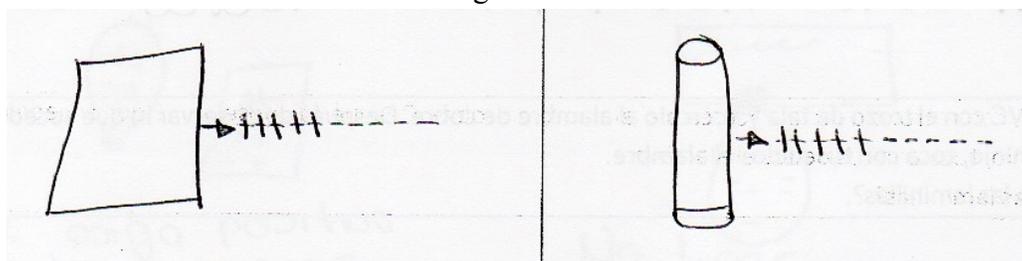


Figura 5.10. El estudiante número 9 representa el paño de lana y tubo de PVC con cargas eléctricas

Algunos estudiantes también identificaron la presencia de estas cargas en el alambre de cobre y las laminillas de aluminio (Figuras 5.11 y 5.12).

Figura 5.11



Figura 5.12

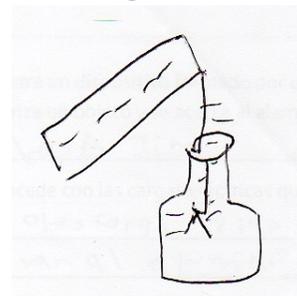


Figura 5.11 y 5.12. El estudiante número 35 y 26 respectivamente, representan el alambre de cobre y laminillas de aluminio en un electroscopio, la presencia de cargas eléctricas.

En la Tabla 5.3 y en las Figuras 5.9 a la 5.12, ningún estudiante mencionó como ‘protones’ o ‘electrones’ a las cargas eléctricas, más bien, se hizo evidente que existen partículas de diferente naturaleza y que están presentes en los materiales: si se presentara el fenómeno electrostático o no. Puedo decir entonces que se alcanzó el MCEA en su totalidad.

Propiedades en el MCEL

Los resultados que se presentan en la Tabla 5.4 se obtuvieron al cuestionar a los estudiantes en el instrumento aplicado (Anexo 10), qué propiedades tienen los materiales -pañó de lana y un tubo PVC- antes de frotarse. En el primer caso, la gran mayoría (28/37) mencionó que tanto el paño de lana, como el tubo PVC presentan cargas eléctricas negativas (especificando con un ‘-’ los electrones), como positivas (con un ‘+’, protones) en igual número. Algunos estudiantes (9/37) escribieron la palabra ‘*Neutra*’ para señalar que, antes de frotar los materiales, las cargas eléctricas -positivas o negativas- no predominan (Figura 5.5 y 5.6):

Tabla 5.4
Propiedades en el MCEL vs el MCEA

MCEL	vs	(MCEA)
Materiales (Paño de lana, tubo PVC) sin frotar: tienen igual número de protones y electrones	28 76%	La materia es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas.
Materiales sin frotar: tienen cargas eléctricas (protones y electrones, en ocasiones predominando alguna de ellas)	9 24%	
Materiales frotados: adquieren/ceden electrones	30 81%	Algunos materiales pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).
Materiales frotados: tienen igual número de protones y electrones	2 5%	
Materiales frotados: adquieren/ceden protones	2 5%	
No explícita	3 8%	

Figura 5.13

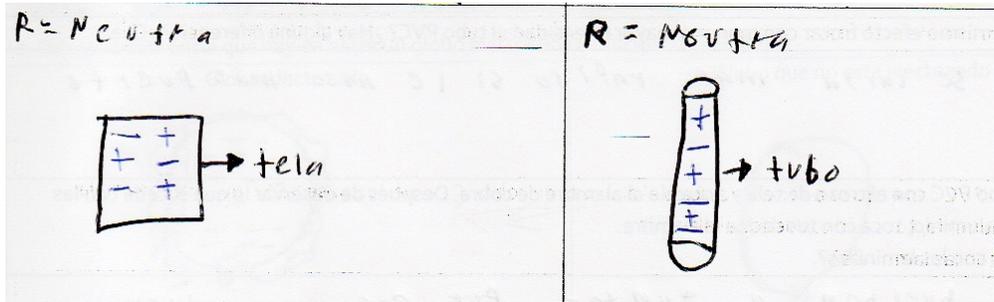


Figura 5.13. El estudiante número 3 representa el paño de lana y tubo de PVC con cargas eléctricas antes de frotarse entre ellos y escribe la palabra *Neutra*.

Figura 5.14

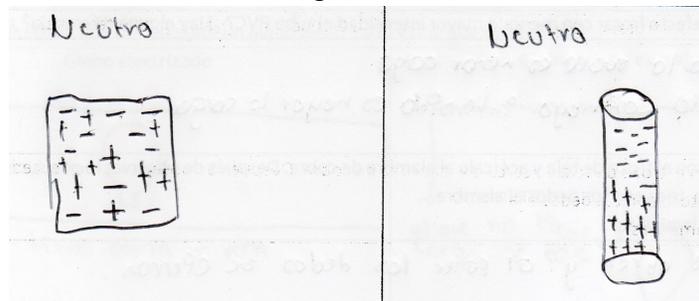


Figura 5.14. El estudiante número 17 representa el paño de lana y tubo de PVC con cargas eléctricas antes de frotarse entre ellos y escribe la palabra *Neutra*.

Después de frotar los materiales, la gran mayoría (30/37) señaló que las cargas eléctricas negativas -electrones- del paño de lana las perdía, y el tubo PVC las ganaba, por lo que éste quedaba con carga eléctrica negativa -al tener abundancia de estas cargas-, mientras que en el paño de lana predominaban las cargas eléctricas positivas -protones- (Figura 5.15 y 5.16):

Figura 5.15

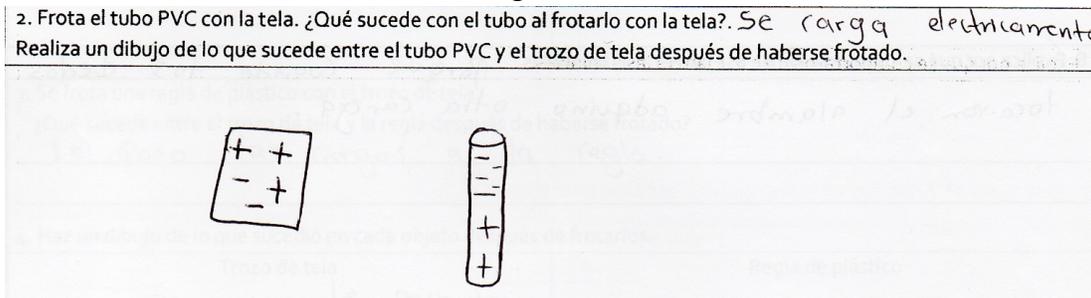


Figura 5.15. El estudiante número 34 representa un paño de lana y tubo PVC después de haberse frotado.

Figura 5.16

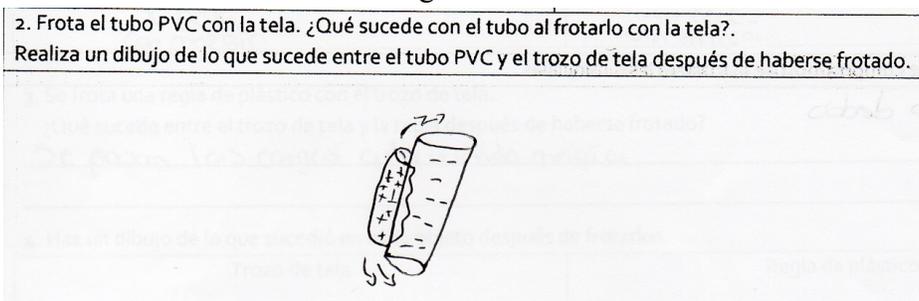


Figura 5.16. El estudiante número 7 representa lo que sucede cuando el paño de lana se frota con el tubo PVC.

Dos de los 37 estudiantes hicieron mención que el paño de lana pierde protones (Figura 5.17):

Figura 5.17

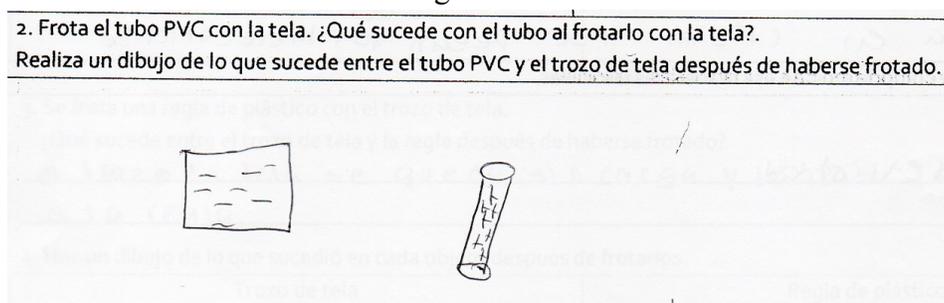


Figura 5.17. El estudiante número 11 representa un paño de lana y tubo PVC después de frotarse, señalando que el paño de lana cedió cargas eléctricas positivas -protones- al tubo PVC quedándose con las cargas eléctricas negativas -electrones-.

Otros estudiantes (2/37) representaron el mismo número de cargas positivas que de negativas, como si no hubiera sucedido nada entre las partículas antes y después de frotarse. (Figura 5.18):

Figura 5.18

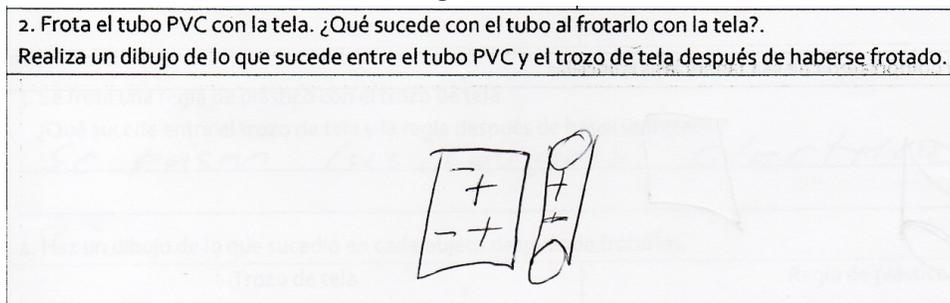


Figura 5.18. El estudiante número 25 representa el paño de lana y tubo PVC después de frotarse con el mismo número de cargas positivas que de negativas.

Finalmente, otros estudiantes (3/37) no explicitaron lo que sucedía en este caso, como en la Figura 5.19, donde ‘aparecían’ algunas líneas entre ambos objetos:

Figura 5.19

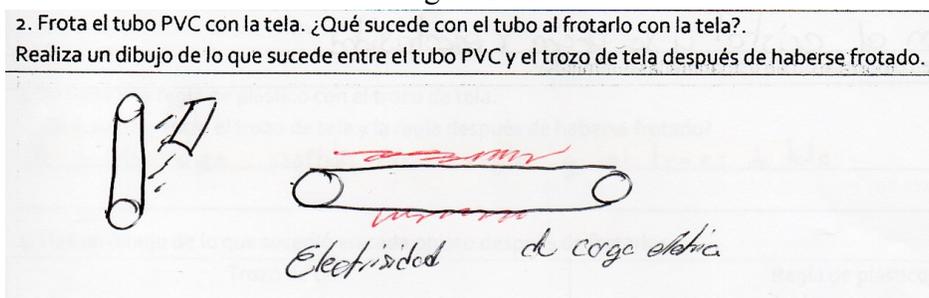


Figura 5.19. El estudiante número 19 representa lo que sucede entre un paño de lana y tubo PVC después de frotarse.

La gran mayoría de los estudiantes logra alcanzar el referente propuesto (MCEA), pues logra tener presente las cargas eléctricas en un cuerpo -nivel microscópico- y que, las cargas eléctricas negativas -electrones- las puede perder un material para que otro los gane y éste último quedar electrizado.

Relaciones/reglas de inferencia del MCEL

Tabla 5.5

Relaciones/Reglas de Inferencia en el MCEL vs el MCEA.

MCEL	vs	MCEA
Si se frotran los materiales, entonces se electrizan ganando/desprendiendo electrones	19 51%	Si se frotran algunos materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.
Si se frotran los materiales, entonces 'se electrizan' con igual número de protones que de electrones	8 22%	
Si se frotran los materiales, entonces 'se electrizan' ganando protones	2 5%	
No explicita	8 22%	
Si dos materiales (laminas de aluminio) tienen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producen fuerzas de repulsión.	17 46%	Si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán fuerzas de repulsión.
Si dos materiales (láminas de aluminio) tienen cargas eléctricas, entonces producen fuerzas de repulsión.	12 32%	
No explicita	8 22%	
Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) [electrones] se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces las cargas fluyen por dicho conductor.	19 51%	Si un material cargado eléctricamente, se pone en contacto con un material conductor, entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.
Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces tiene cargas eléctricas	9 24%	
Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) [protones] se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces tiene cargas eléctricas	2 5%	
No explicita	7 19%	

Como se puede ver, los estudiantes explican lo que sucede al frotar un paño de lana con un tubo PVC: La mayoría de ellos (19/37) menciona que al frotar estos materiales el paño de lana pierde electrones y los gana el tubo PVC, por lo que éste queda electrizado o con carga eléctrica negativa (Figura 5.20):

Figura 5.20

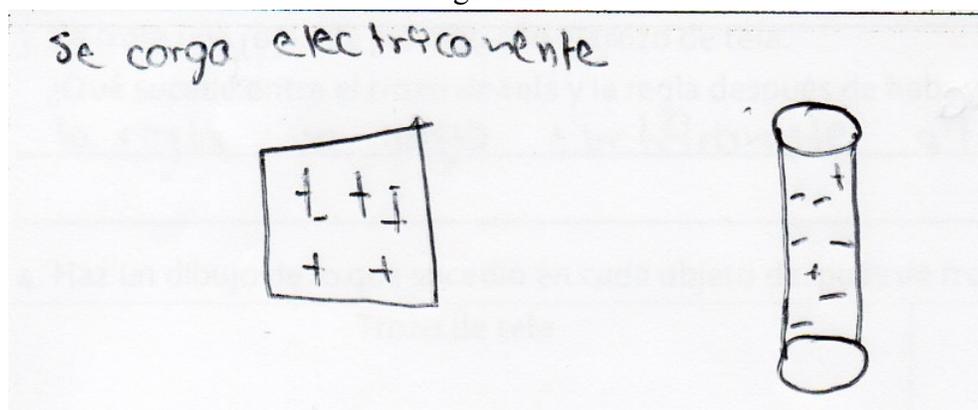


Figura 5.20. El estudiante número 17 representa lo que sucede al frotar el paño de lana con el tubo PVC.

Casi la mitad de los estudiantes (18/37) explicaron este fenómeno como en la Figura 5.21: después de frotar el paño de lana con el tubo PVC, las cargas eléctricas representadas en su dibujo, no aumentaron o disminuyeron en número, es decir, se conservan, por lo que no se puede inferir que los electrones los pierde el paño y los gana el tubo PVC.

Figura 5.21

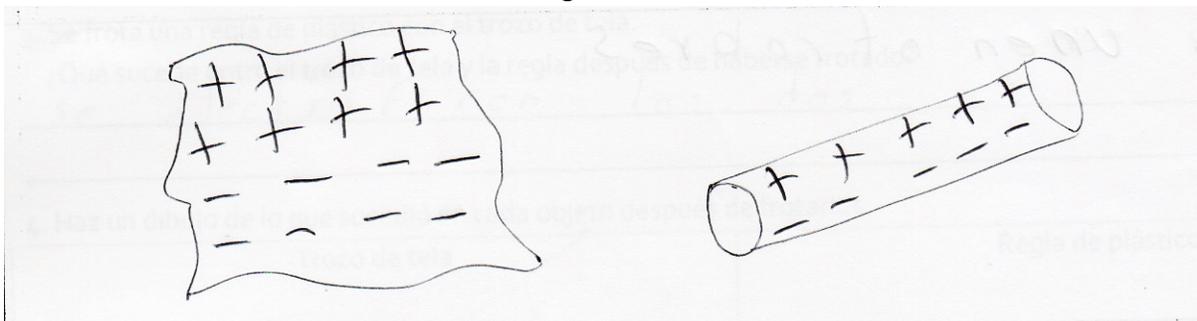


Figura 5.21. El alumno número 20, representa el paño de lana y tubo PVC después de haberse frotado.

Otro ejemplo, de este mismo caso, es el de la Figura 5.22: un estudiante representa que las cargas eléctricas positivas -protones-, son las que pierde el paño de lana y el tubo PVC las gana:

Figura 5.22

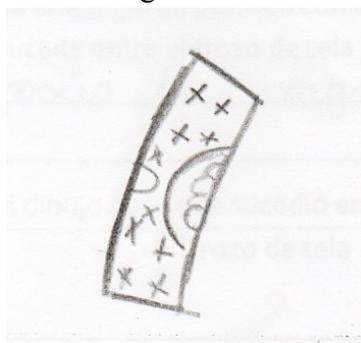


Figura 5.22. El estudiante número 24 representa lo que sucede cuando frota el paño de lana con el tubo PVC.

Otros estudiantes (8/37), no explicitaron lo que sucedía en este caso (Figura 5.23), aunque algunos hayan escrito '*se carga negativamente*' no se puede inferir de qué material se trate y no se observa qué pudiera estar sucediendo con las partículas:

Figura 5.23

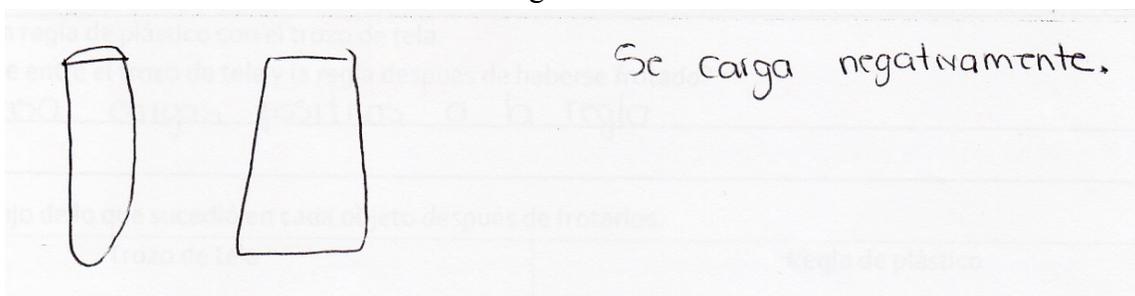


Figura 5.23. El estudiante número 16 representa lo que sucedió después de frotar el paño de lana con el tubo PVC.

Después de que los estudiantes electrizaron el tubo PVC, se les pidió que lo pusieran en contacto con el alambre del electroscopio, y se les cuestionó para conocer sus explicaciones ante el fenómeno que ocurría. La minoría explicó que las laminillas de aluminio adquirieron cargas eléctricas negativas y, por lo tanto, ambas laminillas se separaban por las fuerzas de repulsión (figura 5.24 y 5.25):

Figura 5.24

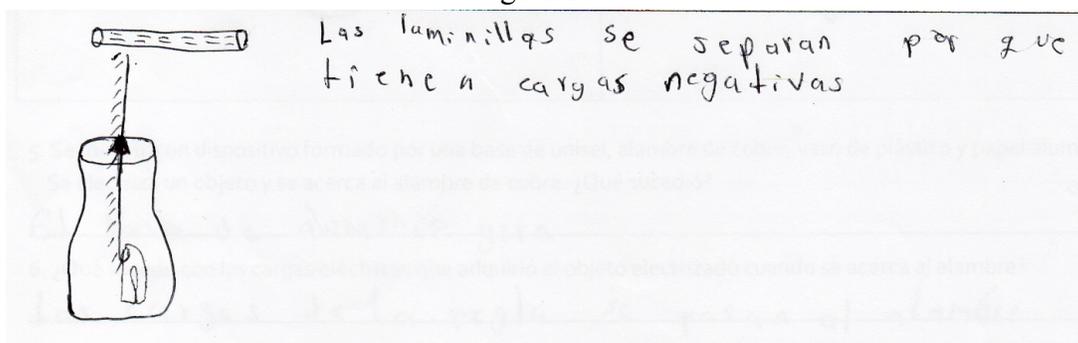


Figura 5.24. El estudiante número 5 explica lo que sucede con el tubo PVC cuando se acerca al electroscopio.

Figura 5.25

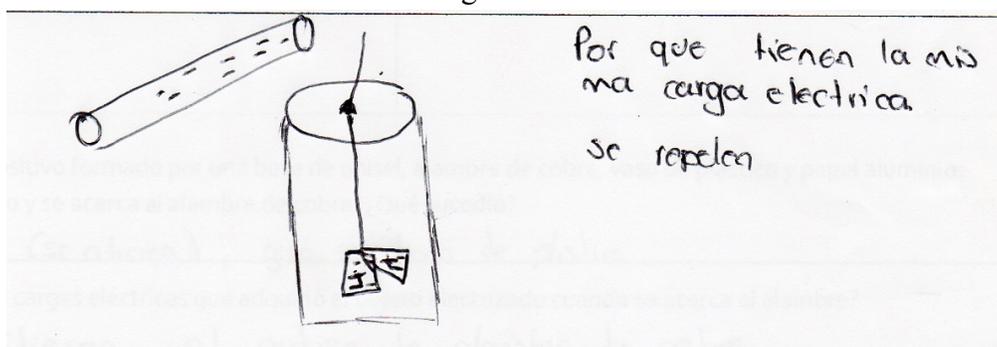


Figura 5.25. El estudiante número 31 representa y explica lo que sucede al acercarlo al electroscopio.

La gran mayoría de los estudiantes (20/37) no representaron que las cargas eléctricas negativas -electrones- eran las que producían las fuerzas de repulsión entre las laminillas de aluminio. Por ejemplo, en la Figura 5.26, el estudiante explica lo que sucede al acercar el tubo PVC electrizado por el paño de lana ‘*las cargas eléctricas hacen que se separen*’, sin dibujar o escribir qué tipo de carga eléctrica abundaban en las laminillas de aluminio para que se diera el fenómeno de repulsión.

Figura 5.26



Figura 5.26. El estudiante número 1 explica la repulsión entre las laminillas de aluminio de un electroscopio.

Otro ejemplo (Figura 5.27), un estudiante representa el electroscopio con carencia de elementos para inferir una explicación del fenómeno:

Figura 5.27



Figura 5.27. El estudiante número 22 dibuja un electroscopio, pero no explicó de manera gráfica o escrita el fenómeno de repulsión.

Finalmente, quise conocer las explicaciones que daban los estudiantes sobre el flujo de cargas en un material conductor y si lograban alcanzar lo propuesto en el MCEA. La mayoría de ellos (19/37) se acercaron. Por ejemplo, en la figura 5.28, el estudiante escribe '*pasan cargas negativas del tubo al alambre*', lo que indica que las cargas pueden fluir por dicho conductor:

Figura 5.28

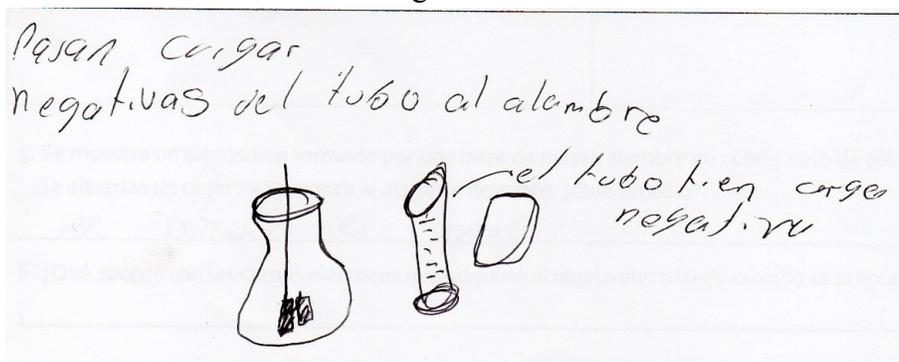


Figura 5.28. El estudiante número 4 explica qué sucede con las cargas eléctricas que tiene el tubo PVC al acercarlo al alambre de cobre.

En las Figuras 5.29-5.31, algunos de los estudiantes dibujaron el tubo PVC con cargas eléctricas negativas (con '-'), que al tocar el alambre de cobre, estas cargas pasan por éste:

Figura 5.29

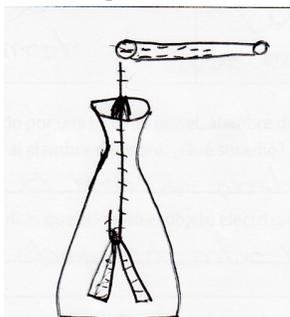


Figura 5.30

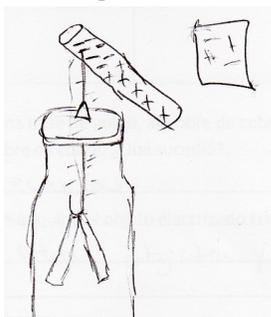


Figura 5.31



Figura 5.29, 5.30 y 5.31. Los estudiantes número 6, 34 y 29 respectivamente, representan lo que sucede con las cargas eléctricas del tubo PVC al tocar el alambre de cobre del electroscopio.

En otros casos (Figuras 5.32 y 5.33), los estudiantes representan por medio de líneas (y se puede inferir que), el paso de cargas eléctricas del tubo PVC pasan por alambre de cobre hasta llegar a las laminillas de aluminio:

Figura 5.32

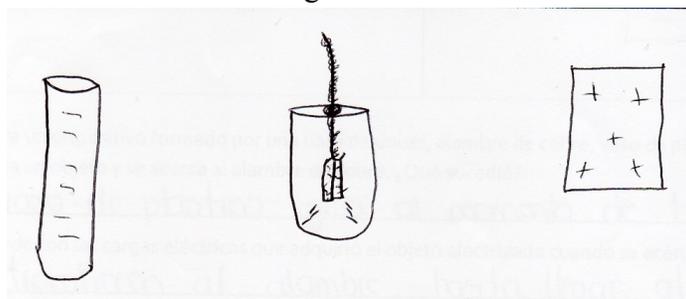


Figura 5.32. El estudiante número 16 representa el paso de cargas eléctricas negativas por el alambre de cobre de un electroscopio.

Figura. 5.33

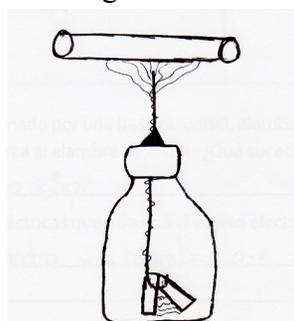


Figura 5.33. El estudiante número 14 representa el paso de cargas eléctricas del tubo PVC hacia el alambre de cobre.

Dos estudiantes representaron, ante este mismo fenómeno, que las cargas eléctricas positivas -protones-, fluyen por el alambre de cobre (Figura 5.34 y 5.35):

Figura 5.34

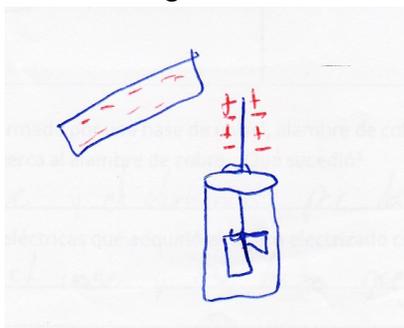


Figura 5.35

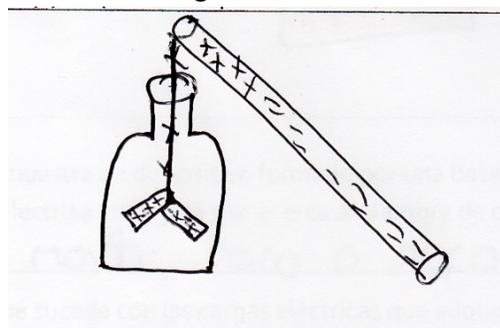


Figura 5.34 y 5.35. Los estudiantes número 33 y 35 representan el flujo de cargas positivas a través del alambre de cobre.

Finalmente (Figura 5.36), algunos estudiantes (7) no explicitaron el fenómeno:

Figura 5.36

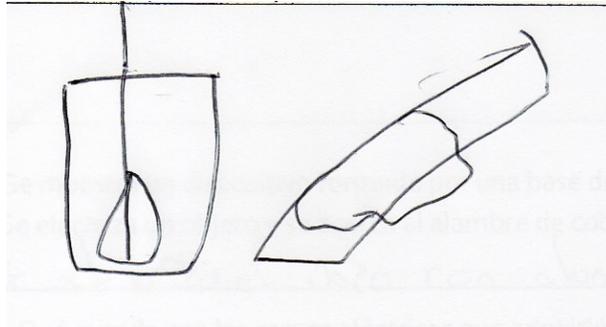


Figura 5.36. El estudiante número 32 representa un tubo PVC frotado por un paño de lana y un electroscopio.

Inferencias generalizadas del MCEL

Las inferencias generalizadas en el MCEA son dos de las que se propusieron en el MCEA, pero en el instrumento (Anexo 10), hizo falta añadir una cuestión para recabar evidencias de una inferencia generalizada. En la Tabla 5.6 se presentan las inferencias generalizadas recuperadas del instrumento.

Tabla 5.6
Inferencias Generalizadas en el MCEL vs el MCEA.

MCEL	vs	MCEA
Si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumentan/disminuyen sus cargas eléctricas	18 49%	Si aumentan las cargas eléctricas negativas en un cuerpo, entonces aumentarán las fuerzas de atracción/repulsión.
Si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumenta/disminuye su fuerza de repulsión	10 27%	
No explicita	9 24%	

De acuerdo a la Tabla 5.6, 10 estudiantes de 37 se aproximaron a la inferencia generalizada del MCEA: ‘Si aumentan las cargas eléctricas negativas en un cuerpo, entonces aumentarán las fuerzas de atracción o repulsión’ (Figuras 5.29 y 5.30). El 49% de los estudiantes (18/37) se acercó al referente propuesto, aunque de manera parcial: pues explicaron que dependiendo de cómo frotaran un material para electrizarlo, aumentarán o disminuirán sus cargas eléctricas.

Figura 5.37

6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál?
que al frotarlo mas tiene mas carga y al frotarlo menos tiene menor

Figura 5.38

6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál?
que si lo froto lento no carga bien y si lo cargo con mas fuerza es mas facil que se separen las laminillas.

Figura 5.37 y 5.38. El estudiante número 6 y 21 respectivamente, explican de qué forma se electriza el tubo PVC cuando se frota de cierta manera con el paño de lana.

Otros estudiantes (9/37) escribieron que no existe ninguna diferencia si el tubo PVC se frota con mayor o menor intensidad (Figura 5.39):

Figura 5.39

6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál?
no ninguna

Figura 5.39. El estudiante número 2 no explicita lo que sucedería si el tubo PVC se frota con el paño de lana con diferentes intensidades.

En Síntesis

La mayoría de los 37 estudiantes construyeron modelos muy cercanos al MCEA, pues representaron las entidades y sus propiedades propuestas en dicho modelo, además de explicar los fenómenos electrostáticos, en donde no sólo fue su percepción sensorial, sino que tomaron en cuenta la parte microscópica que considera el MCEA, por lo que se cumple uno de los propósitos establecido al inicio de esta investigación.

5.1.3 Acercamiento Categorical del MEI frente al MCEL

En la siguiente Tabla (5.7) hago un comparativo entre el MEI y el MCEL. De manera general se observan los principales cambios de la manera de pensar de los estudiantes al iniciar la SD y al término de ésta. Con ello, podría iniciar con la validación de la SD y el alcance del MCEA.

Tabla 5.7
MEI vs MCEL.

Modelo Estudiantil Inicial (MEI)	%		%	Modelo Científico Escolar Logrado (MCEL)
Materiales (globo, cinta celosada, tubo de PVC, popote).	54%	Entidades	100%	Electrones Protones
Materiales y aparece 'algo' alrededor de éste.	46%			
*Genera/se carga de electricidad. *Tiene energía. *Hace fricción. *Hace energía estática. *Produce calor. *Sale 'algo' del objeto *Genera magnetismo	100%	Propiedades	76%	Materiales (Paño de lana, tubo PVC) sin frotar: tienen igual número de protones y electrones
			24%	Materiales sin frotar: tienen cargas eléctricas (protones y electrones, en ocasiones predominando alguna de ellas)
			81%	Materiales frotados: ganan/pierden electrones
			5%	Materiales frotados: tienen igual número de protones y electrones

			5%	Materiales frotados: ganan/pierden protones
			3%	No explicita
Si no/si se frota el material, entonces no/si se genera electricidad y no/si puede atraer a otros objetos.	39%	Relaciones/ Reglas de Inferencia	51%	Si se frotan los materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones
Si no/si se frota el material, entonces no/si produce energía y no/si puede atraer a otros objetos.	29%		22%	Si se frotan los materiales, entonces 'se electrizan' con igual número de protones que de electrones
Si no/si se frota el material, entonces no/si hay 'fricción' y no/si puede atraer a otros objetos.	18%			
Si no/si se frota el material, entonces no/si genera un campo magnético y no/si puede atraer a otros objetos.	7%		5%	Si se frotan los materiales, entonces 'se electrizan' ganando protones
Si no/si se frota el material, entonces no/si atrae a otros objetos.	7%			
			22%	No explicita
			46%	Si dos materiales (laminas de aluminio) tienen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producen fuerzas de repulsión.
			32%	Si dos materiales (láminas de aluminio) tienen cargas eléctricas, entonces producen fuerzas de repulsión.
			22%	No explicita
			51%	Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) [electrones] se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces las cargas fluyen por dicho conductor.
			24%	Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces tiene cargas eléctricas
		5%	Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) [protones] se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces tiene cargas eléctricas	
		19%	No explicita	
No explicita	100%	Inferencias Generalizadas	49%	Si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumentan/disminuyen sus cargas eléctricas
			27%	Si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumenta/disminuye su fuerza de repulsión
			24%	No explicita

En la Tabla 5.7, se observa que la mayoría de los estudiantes, en comparación con el MEI, describieron en su MCEL entidades y sus propiedades, no sólo a nivel macroscópico, sino también a nivel microscópico. Este es un factor muy importante para que los estudiantes logaran explicar los fenómenos electrostáticos. También, en su MEI la parte de las inferencias generalizadas aparece desierta, y en su MCEL aparecen aunque no muy cercana al MCEA. Además, a nivel microscópico, algunos estudiantes no lograron diferenciar el papel que juegan las partículas subatómicas dentro del fenómeno. Mencionaré con más detalle los modelos construidos en las siguientes secciones del presente capítulo.

5.2 Trayectorias y Logro del MCEA

En esta sección clasifico los modelos de cada estudiante en tres niveles de modelado: Modelos *Bajos*, Modelos *Intermedios* y Modelos *Avanzados*. Esta clasificación radica en dos principios:

1. A partir del MCEA: los modelos considerados como *Avanzados* serán los más cercanos al MCEA, los *Intermedios* y *Bajos* serán considerados los que se van alejando de este modelo.
2. A partir de la definición de modelo adoptada (Gutiérrez, 2014) y del proceso de modelización que propone esta misma autora (Gutiérrez, 2004) -Cap. 3, pág. 46 y 47-, se consideran como:
 - a) Modelos *Bajos*: aquellos modelos que se quedan a nivel descriptivo, con entidades y propiedades; por lo que estos modelos no permiten explicar y/o predecir el fenómeno o sistema.
 - b) Modelos *Intermedios*: Estos modelos presentan entidades y sus propiedades, e incluyen algunas relaciones/reglas de inferencia que permiten explicar el fenómeno o sistema.
 - c) Modelos *Avanzados*: Incluyen la parte descriptiva del modelo (entidades y sus propiedades), relaciones de causalidad al interaccionar las entidades (explicaciones) y las predicciones del comportamiento del fenómeno o sistema.

En la Figura 5.40 se muestran los niveles de modelado:

Figura 5.40

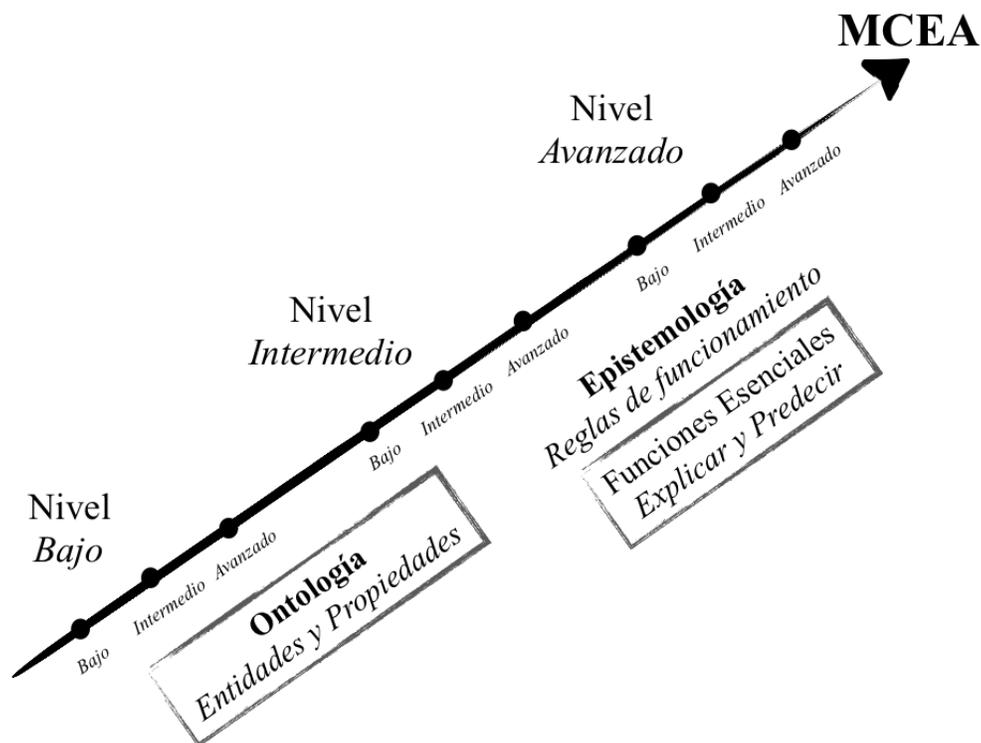


Figura 5.40. Niveles y subniveles de Modelado

Estos tres niveles me permiten conocer en qué medida se alcanzó el MCEA y analizar por categorías y los constituyentes de cada modelo. Por ejemplo (Figura 5.41), en la Fase 1-Sesión 1, el estudiante número 19 lo clasifiqué en un nivel *bajo*. Primero, porque se encuentra muy alejado del MCEA: las entidades que señala el estudiante para que ocurra el fenómeno son los objetos, el popote y ‘algo’ que aparece alrededor de éste después de frotarlo -invisible para nuestros ojos, pero ‘visible’ por sus efectos para el estudiante-; las propiedades que le asigna a estas entidades es que se genera ‘*electricidad y magnetismo*’; y las relaciones/reglas de inferencia identificadas en sus representaciones es que al frotar el popote, éste ‘*genera un poco de electricidad para que se genere un campo de magnetismo*’. La explicación ante este fenómeno (frotar un popote contra un paño de lana y que el popote es atraído hacia la pared), no va más allá de lo que le sucede al

objeto después de frotarlo -no señala la atracción-, y además, esta explicación no le permitiría predecir otros fenómenos electrostáticos:

Figura 5.41

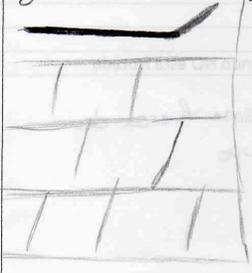
<p>1. Con el trozo de tela, frota uno de los materiales: globo/cinta celosada/popote/tubo PVC y acércalo a la pared/virutas de madera/papelitos/agua. ¿Qué sucede entre el trozo de tela y el objeto que frotaste?. Dibuja y escribe tu explicación.</p> <p>genera electricidad, magnetismo.</p> 					
<p>2. ¿Qué sucedió en el objeto que frotaste para que pudiera ser atraído a la pared/virutas de madera/papelitos/agua? Dibuja y escribe tu explicación.</p> <p>Se genera magnetismo general mente en la parte de el cuerpo del popote</p> 					
<p>3. ¿Sucedería lo mismo si no frotaras el objeto? ¿Por qué?</p> <p>No sería la misma fuerza de magnitud en el objeto</p> 					
<p>4. Dibuja y explica qué diferencia hay cuando frotas el objeto y cuando no lo está.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Objeto cuando esta frotado</th> <th>Objeto cuando NO esta frotado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <p>Se genera un poco de electricidad para que genere un campo de magnetismo</p>  </td> <td> <p>No tiene la misma fuerza de general en el tubo</p>  </td> </tr> </tbody> </table>		Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado	<p>Se genera un poco de electricidad para que genere un campo de magnetismo</p> 	<p>No tiene la misma fuerza de general en el tubo</p> 
Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado				
<p>Se genera un poco de electricidad para que genere un campo de magnetismo</p> 	<p>No tiene la misma fuerza de general en el tubo</p> 				
<p>5. Los ejemplos antes mencionados son fenómenos electrostáticos. Escribe o dibuja algunos otros que tú conozcas.</p> <table> <tr> <td>  <p>Magnetismo</p> </td> <td>  <p>sin electricidad</p> </td> </tr> </table>		 <p>Magnetismo</p>	 <p>sin electricidad</p>		
 <p>Magnetismo</p>	 <p>sin electricidad</p>				

Figura 5.41. Representaciones que realizó el estudiante número 19 en la Fase 1-Sesión1.

Así como en el ejemplo anterior, procedí a clasificar los modelos de cada estudiante en las Fases 1, 2 y 3 de la SD y que a continuación iré detallando.

5.2.1 Clasificación de los Modelos Individuales en Bajos, Intermedios y Avanzados

5.2.1.1 Modelos Construidos en la Fase 1-Sesión 1 (MEI)

En esta Fase implementé diferentes actividades experimentales en donde los estudiantes pudieran manipular y observar algún fenómeno electrostático, con la finalidad de conocer los modelos iniciales del grupo. Con el instrumento aplicado (Anexo 1), recopilé datos de 28 estudiantes. Dichas actividades se centraron principalmente en la electrización de algunos materiales por frotación y la atracción de éstos hacia otros. Los estudiantes anotaban sus observaciones con dibujos y explicaciones escritas.

Modelos Bajos en el Modelo Estudiantil Inicial (Fase 1-Sesión 1)

Tabla 5.8
Modelos Bajos en la Fase 1-Sesión 1

	Estudiantes con Modelos Bajos		
	7	10	19
Entidades	Objetos frotados (Paño de lana, Tubo PVC, Popote). Aparece ‘algo’ alrededor del objeto frotado (Dibuja líneas al rededor).		
Propiedades	Se produce ‘fricción’/energía/magnetismo		
Relaciones/ Reglas de inferencia	Si se frota el objeto, entonces se genera energía/magnetismo.		
Inferencias Generalizadas	----		

Estos estudiantes representan un popote y un tubo de PVC después de haberlos frotado con líneas alrededor de éstos -sin especificar qué es-, y mencionan que estos materiales adquieren la propiedad de ‘energía’ o ‘magnetismo’. También utilizan el término ‘fricción’ como una propiedad, y no como un verbo. Estos modelos en ningún momento utilizaron el término ‘electricidad’, ni consideran la atracción como una propiedad de los materiales electrizados.

Modelos Intermedios en el Modelo Estudiantil Inicial (Fase 1-Sesión 1)

Tabla 5.9
Modelos Intermedios en la Fase 1-Sesión 1

	Estudiantes con Modelos <i>Intermedios</i>																	
	1	2	4	5	8	9	13	14	15	16	18	20	21	22	24	25	26	27
Entidades	Aparece ‘algo’ alrededor del objeto frotado (Dibuja líneas al rededor).																	
Propiedades	Tiene ‘fricción’/energía/electricidad Se atrae/puede atraer a otros objetos																	
Relaciones/ Reglas de inferencia	Si se frota el objeto, entonces se produce ‘fricción’/energía/electricidad. Si tiene ‘fricción’/energía/electricidad, entonces puede ser atraído/atraer a otros objetos.																	
Inferencias Generalizadas	----																	

Fueron 19 estudiantes con un modelo considerado como *intermedio*. Y como se puede ver en la Tabla 5.13, estos modelos consideran como entidades a los objetos y algunas ‘líneas’ que aparecen alrededor de los materiales después de haberlos frotado. También, utilizan el término ‘electricidad’ como una propiedad, aunque algunos otros usan la palabra ‘energía’ -sin mencionar de qué tipo-, o ‘fricción’, como un sinónimo de electricidad. Estos estudiantes ya consideran la propiedad de atracción en los materiales frotados.

Modelos Avanzados en el Modelo Estudiantil Inicial (Fase 1-Sesión 1)

Tabla 5.10
Modelos Avanzados en la Fase 1-Sesión 1

	Estudiantes con Modelos <i>Avanzados</i>					
	3	6	11	12	17	23
Entidades	Aparece ‘algo’ alrededor del objeto frotado (Dibuja líneas al rededor).					
Propiedades	Se produce ‘energía estática’/electricidad. Se atrae/puede atraer a otros objetos					
Relaciones/ Reglas de Inferencia	Si se fricciona el objeto con otro, entonces genera electricidad para poder atraer/atraerse a otros objetos.					
Inferencias Generalizadas	-----					

En la Tabla 5.10, se puede observar que 6 estudiantes tuvieron un modelo *avanzado*. Estos modelos también consideran como entidades a los objetos utilizados en la actividad y algunas ‘líneas’ que dibujan alrededor de éstos. Utilizan términos como ‘energía estática’ o ‘electricidad’. La explicación que dan para estos fenómenos es más completa que en los modelos *bajo* y *avanzado*, pues mencionan que al frotar el objeto se genera electricidad y puede atraer o atraerse a otros objetos, como en el caso de un tubo de PVC frotado con un paño de lana y éste, puede atraer algunas virutas de madera, o en el caso de frotar cinta celoseda y que después se puede atraer a la pared.

5.2.1.2 Modelos Construidos en la Fase 2-Sesión 3b

Hasta la Fase 2-Sesión 3, ya se habían introducido las siguientes entidades, propiedades, relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas (Tabla 5.11):

Tabla 5.11

Entidades, Propiedades, Relaciones/Reglas de inferencia e Inferencias generalizadas que se introdujeron hasta la sesión 3 de la secuencia didáctica.

Entidades	Propiedades	Relaciones/ Reglas de Inferencia	Inferencias Generalizadas
Electrones Protones	<p>Los electrones poseen cargas eléctricas negativas.</p> <p>Los protones poseen cargas eléctricas positivas.</p> <p>La materia es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>	<p>Si se frota algunos materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción.</p>	<p>Si aumentan las cargas eléctricas negativas en un cuerpo, entonces aumentarán las fuerzas de atracción/repulsión.</p> <p>Si aumenta la distancia entre dos cuerpos electrizados (o uno de ellos electrizado), entonces disminuirán las fuerzas de atracción/repulsión. [Por el contrario, si disminuye la distancia entre estos dos cuerpos, entonces aumentarán las fuerzas eléctricas].</p>

En esta sesión es justo la mitad de la SD, por lo que vale la pena analizar qué sucedió hasta este momento con la construcción de los modelos en el grupo de estudiantes.

Las actividades que los estudiantes realizaron hasta esta sesión, se centraron principalmente en observar, explicar los fenómenos electrostáticos por frotación y la atracción de éstos, además de lo que pudiera estar sucediendo a nivel microscópico -comportamiento de las partículas atómicas para que se presente dicho fenómeno- (Anexo 6). Por ejemplo, los estudiantes frotaron un tubo de PVC con un paño de lana, para después acercarlo, primero, a una tira de papel metálico y después a una burbuja de jabón. En ambos casos se cuestionó a los estudiantes para que, de manera gráfica y escrita representaran sus explicaciones.

Modelos Bajos en la Fase 2-Sesión 3b

Tabla 5.12

Modelos Bajos en la Fase 2-Sesión 3b

	Estudiantes con Modelos Bajos			
	15	25	28	33
Entidades	Aparece ‘algo’ alrededor del objeto frotado (Dibuja líneas al rededor). Protones Electrones			
Propiedades	Algunos materiales (Paño de lana, Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas.			
Relaciones/ Reglas de inferencia	Si se frotran algunos materiales, entonces se electrizan (Dibuja líneas alrededor del material electrizado). Si dos materiales distintos (Tubo PVC-Papel metálico; Tubo PVC-Burbuja) poseen cargas eléctricas diferentes, entonces producirán fuerzas de atracción.			
Inferencias Generalizadas	Si el material (Tubo PVC) se frota ‘rápido’, entonces habrá más cargas eléctricas/energía. Si aumenta/disminuye la distancia entre un material electrizado y otro que no lo está (Tubo PVC-Papel metálico; Tubo PVC-Burbuja), entonces disminuirán/aumentarán las fuerzas de atracción.			

Fueron 4 estudiantes que construyeron un modelo con un nivel *bajo*. Esto es porque mantienen como entidades y propiedades ‘algo’ alrededor de los materiales electrizados -sin especificar qué es, pues sólo dibujan líneas-. También, mencionan la presencia de *cargas eléctricas* pero no especifican de qué tipo -si son positivas/negativas o protones/electrones. Además, para explicar los fenómenos de estas actividades, utilizan el término ‘energía’ pero no señalan de qué tipo. Y finalmente, sólo consideran ‘frotar rápido los materiales para que uno de ellos se electrice -como el tubo de PVC-.

Modelos Intermedios en la Fase 2-Sesión 3b

Tabla 5.13

Modelos Intermedios en la Fase 2-Sesión 3b

		Estudiantes con Modelos <i>Intermedios</i>																						
		1	3	4	5	6	8	9	11	12	14	16	18	20	21	23	24	26	27	29	31	32	36	37
Entidades	Electrones Protones																							
Propiedades	La materia (Papel metálico, Burbuja) es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas. Algunos materiales pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).																							
Relaciones/ Reglas de inferencia	Si se frota algunos materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones. Si dos materiales distintos (Papel metálico-Tubo PVC; Burbuja-Tubo PVC) poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción.																							
Inferencias Generalizadas	Si el material se frota 'fuerte' (Tubo PVC), entonces aumentan las cargas eléctricas negativas (electrones). Si aumenta/disminuye la distancia entre un material electrizado (Tubo PVC) y otro con carga eléctrica neutra (Papel metálico, Burbuja), entonces disminuirán/aumentarán las fuerzas de atracción.																							

La mayoría de los estudiantes (23/37), tuvieron un modelo *intermedio*. Aquí, los estudiantes señalan a los protones y electrones como las entidades responsables de los fenómenos electrostáticos. Asimismo, en sus dibujos representaron que el paño de lana pierde sus electrones y los gana el tubo de PVC después de frotarlo; por lo que en éste último, no consideran la existencia de protones al quedar electrizado.

Modelos Avanzados en la Fase 2-Sesión 3b

Tabla 5.14

Modelos Avanzados en la Fase 2-Sesión 3b

	Estudiantes con Modelos Avanzados									
	2	7	10	13	17	19	22	30	34	35
Entidades	Electrones Protones									
Propiedades	La materia (Papel metálico, Burbuja) es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas. Algunos materiales pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).									
Relaciones/ Reglas de inferencia	Si se frota algunos materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones. Si dos materiales distintos (Papel metálico-Tubo PVC; Burbuja-Tubo PVC) poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción.									
Inferencias Generalizadas	Si el material (Tubo PVC) se frota 'fuerte'/'suave', entonces tendrá más/menos cargas eléctricas negativas. Si aumenta/disminuye la distancia entre un material electrizado (Tubo PVC) y otro con carga eléctrica neutra (Papel metálico, Burbuja), entonces disminuirán/aumentarán las fuerzas de atracción.									

Son 10 estudiantes los que construyeron un modelo muy cercano al que se muestra en la Tabla 5.14: tienen clara la presencia de los electrones y protones como entidades principales, tanto en materiales que no se encuentran electrizados -equilibrio de cargas eléctricas, pues dibujan la misma cantidad de '+' que de '-' para indicar que la materia es neutra-, así como lo que sucede después de frotar el tubo PVC con el paño de lana -con mayor número de '-' que de '+' al estar electrizado-.

En sus explicaciones, los estudiantes relacionan -acorde al modelo de la Tabla 5.11- los materiales y las cargas eléctricas para que se presenten fuerzas de atracción. Así también, la distancia entre un cuerpo electrizado y otro que no lo está para que se presente la atracción entre los objetos. Finalmente, destacan que se debe frotar objeto, ya sea fuerte o suave, para que aumenten o disminuyan las fuerzas de atracción.

5.2.1.3 Modelos Construidos en la Fase 3-sesión 5b (MCEL)

En esta fase realicé cuestionamientos que giraban en torno al funcionamiento de un electroscopio construido con materiales caseros (frasco de vidrio, alambre de cobre, papel aluminio), y que los estudiantes lograron manipular en equipo. Intenté recuperar las explicaciones de los estudiantes de manera gráfica y escrita. A continuación se presentan estos modelos (Tablas 5.15-5.17):

Modelos Bajos en el Modelo Científico Escolar Logrado (Fase 3-Sesión 5b)

Los modelos de 3 estudiantes se caracterizan porque hubo un acercamiento mínimo al MCEA, ya que en muchos aspectos se mantiene su MEI (ver Tablas 5.8-5.10):

Tabla 5.15
Modelos Bajos en el MCEL (Fase 3-Sesión 5b)

	Estudiantes con Modelos <i>Bajos</i>		
	1	2	19
Entidades	Aparece ‘algo’ alrededor de los materiales (paño de lana, tubo PVC). Electrones Protones		
Propiedades	Algunos materiales ganan cargas eléctricas.		
Relaciones/ Reglas de inferencia	Si se frotran algunos materiales, entonces se electrizan. Si dos materiales poseen cargas eléctricas entonces se separan/producen fuerzas de repulsión. Si un material cargado eléctricamente, se pone en contacto con un material conductor, entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.		
Inferencias generalizadas	Si aumentan las cargas eléctricas negativas en un cuerpo, entonces aumenta su energía.		

Modelos Intermedios en el Modelo Científico Escolar Logrado (Fase 3-Sesión 5b)

Dentro de este grupo consideré 11 estudiantes. Estos modelos tuvieron cierta aproximación al MCEA pero con algunas diferencias (Tabla 5.16). Por ejemplo, varios de los estudiantes señalaron que, después de frotar los materiales, hay ganancia de protones en el tubo PVC. Otros estudiantes representaron estos materiales sin ningún cambio antes y después de frotarlos, pues dibujaron los materiales con igual número de protones que de electrones.

Tabla 5.16
Modelos Intermedios en la Fase 3-Sesión 5b

	Estudiantes con Modelos <i>Intermedios</i>										
	7	8	11	12	13	20	21	24	25	28	30
Entidades	Electrones Protones										
Propiedades	La materia es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas. Algunos materiales pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones/protones).										
Relaciones/ Reglas de inferencia	Si se frota algunos materiales, entonces se electrizan [ganan/pierden electrones/protones]. Si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces se separan/producen fuerzas de repulsión. Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC), se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.										
Inferencias generalizadas	Si aumentan las cargas eléctricas en un cuerpo, entonces tendrá mayor fuerza/energía.										

Modelos Avanzados en el Modelo Científico Escolar Logrado (Fase 3-Sesión 5b)

Este grupo lo conforman 22 de 37 estudiantes, ya que sus modelos se aproximaron bastante al MCEA (Tabla 5.17), porque en varias de sus representaciones, mostraron a los materiales antes de frotarlos, con presencia de cargas eléctricas positivas y negativas; y después

de frotarlos, consideraron la presencia de estas mismas cargas eléctricas tanto en el paño de lana como en el tubo PVC, sólo con una disminución de cargas negativas en el paño de lana y un aumento de éstas en el tubo PVC. Otros estudiantes mostraron gran diferencia entre un material antes y después de frotar: en el paño de lana ‘desaparecían’ los electrones, pues éstos se transferían al tubo PVC ‘desapareciendo’ los protones, aunque ambas partículas fueran consideradas en los materiales antes de ser frotados.

Tabla 5.17
Modelos Avanzados en la Fase 3-Sesión 5b

	Estudiantes con Modelos Avanzados																				
	3	4	5	6	9	10	14	15	16	17	18	22	23	26	27	29	31	32	33	34	35
Entidades	Electrones Protones																				
Propiedades	La materia es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas. Algunos materiales pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).																				
Relaciones/ Reglas de Inferencia	Si se frotran algunos materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones. Si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán fuerzas de repulsión. Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC), se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.																				
Inferencias Generalizadas	Si aumentan las cargas eléctricas negativas en un cuerpo, entonces aumentarán las fuerzas de atracción/repulsión.																				

5.2.2 Trayectorias de los Modelos Individuales a lo largo de la SD

Partiendo del nivel de modelado en los MEI de cada estudiante, muestro las siguientes gráficas (Figuras 5.42-5.45), donde se observará la ruta que adquieren estos modelos en las Fases 2 y 3 de la SD, es decir, qué modelo tenía el estudiante al inicio, a la mitad y al final de la SD.

Con ello, podemos observar, de manera general, cómo se fue dando la transformación de sus modelos, y cuántos de ellos lograron aproximarse al MCEA.

Estudiantes que Inician en un Nivel Bajo

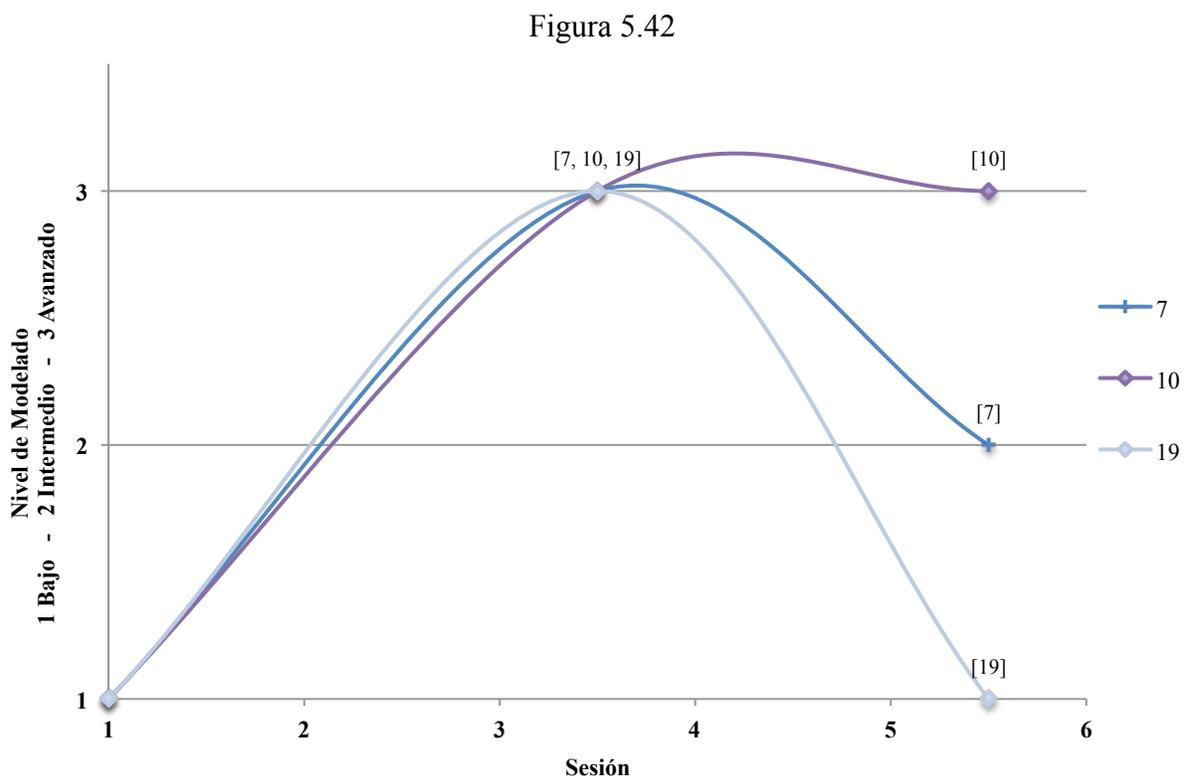


Figura 5.42 Ruta de modelado de los estudiantes que iniciaron en un nivel *bajo*.

De acuerdo a la Tabla 5.12, tres estudiantes inician con un nivel bajo, porque atribuyen como entidad a ‘algo’ que aparece después de frotar los materiales, sin indicar de qué se trata, además de que no utilizan términos como electricidad o atracción.

En la Fase 2, estos tres estudiantes alcanzaron un nivel avanzado al mostrar modelos muy cercanos a lo que se esperaba en la sesión (Tabla 5.15). Al final de la SD los estudiantes lograron diferentes niveles de modelado: *bajo*, *intermedio* y *avanzado*.

El estudiante que mostró un nivel *bajo*, no logró transformar su modelo desde el inicial, al cuestionarle sobre las entidades responsables del fenómeno, pues recurre al mismo modelo que construyó en la Sesión 1, lo que no permitió identificar las propiedades de estas entidades, y mucho menos explicar y predecir el fenómeno en cuestión. Los dos estudiantes que mostraron un nivel *intermedio* y *avanzado* construyeron un modelo muy próximo al MCEA, con algunas excepciones en el estudiante que logró un nivel intermedio, ya que algunas de sus explicaciones no le permitieron predecir algunos elementos del fenómeno.

Estudiantes que Inician en un Nivel Intermedio

Aunque existieron diferentes rutas de estos estudiantes en las Fases 2 y 3, la gran mayoría alcanzó un nivel *avanzado*, y otros más el nivel *intermedio*, es decir, transformaron su MEI en un modelo muy cercano al MCEA. Con ello, los estudiantes lograron describir, explicar y predecir el fenómeno en cuestión (Figura 5.43):

Figura 5.43

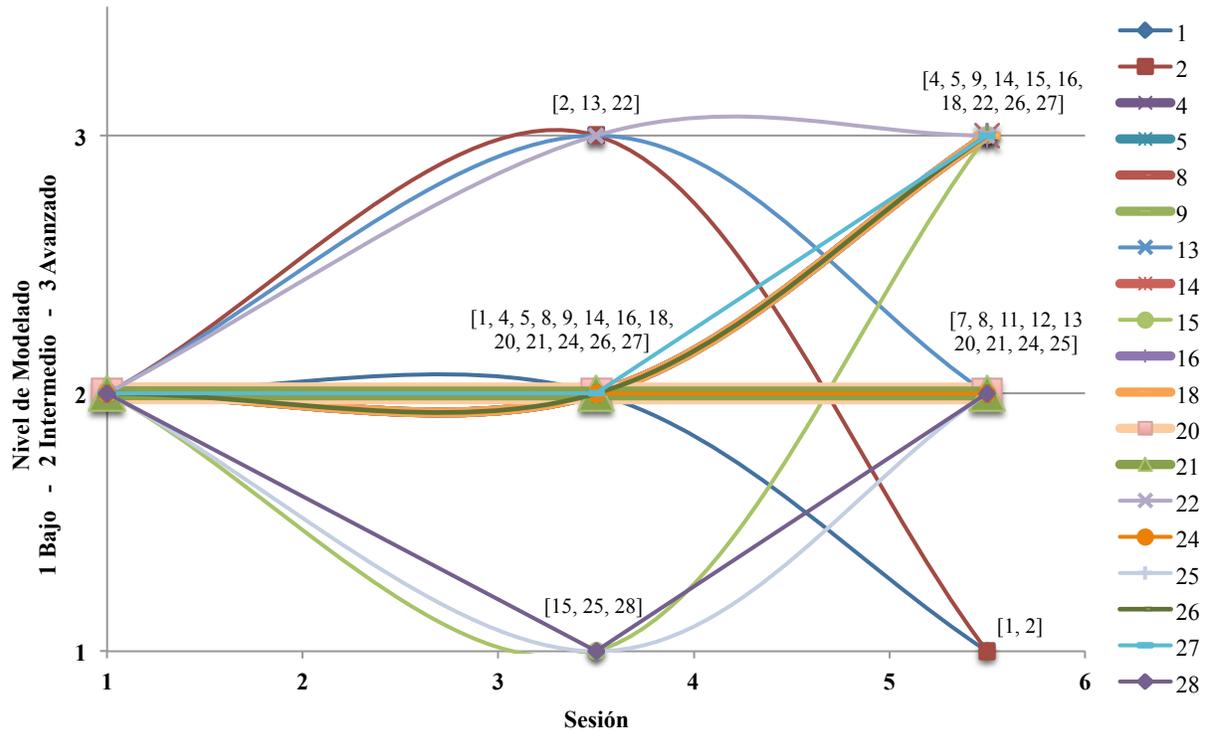


Figura 5.43 Ruta de modelado de los estudiantes que iniciaron en un nivel *intermedio*.

Estudiantes que Inician en un Nivel Avanzado

Como se podría esperar de estos estudiantes, ninguno de ellos mostró un modelo alejado del MCEA, al contrario, su MEI se transformó (o enriqueció, si pudiera decirlo de otra manera) añadiendo las entidades, propiedades, relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas que no consideraba al inicio de la SD, teniendo así un modelo muy cercano al MCEA.

Figura 5.44

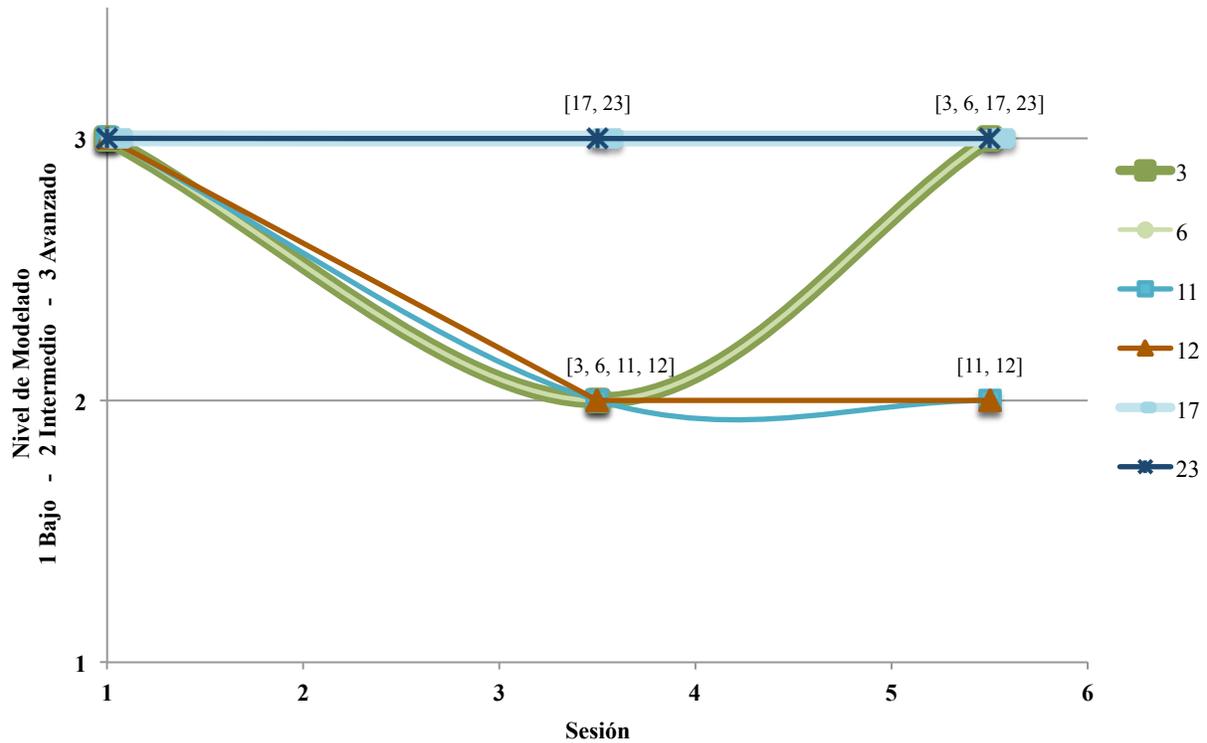


Figura 5.44 Ruta de modelado de los estudiantes que iniciaron en un nivel *avanzado*.

Estudiantes que Iniciaron en la Sesión 2

La siguiente gráfica (Figura 5.45), muestra la ruta de modelado de 9 estudiantes que no estuvieron presentes en la Fase 1-Sesión 1 de la SD (esto se debió a que estuvieron realizando otra actividad en orientación educativa). De estos 9 estudiantes no se obtuvo su MEI, pero mostraré la ruta que siguieron a partir de la Fase 2-Sesión 2:

Figura 5.45

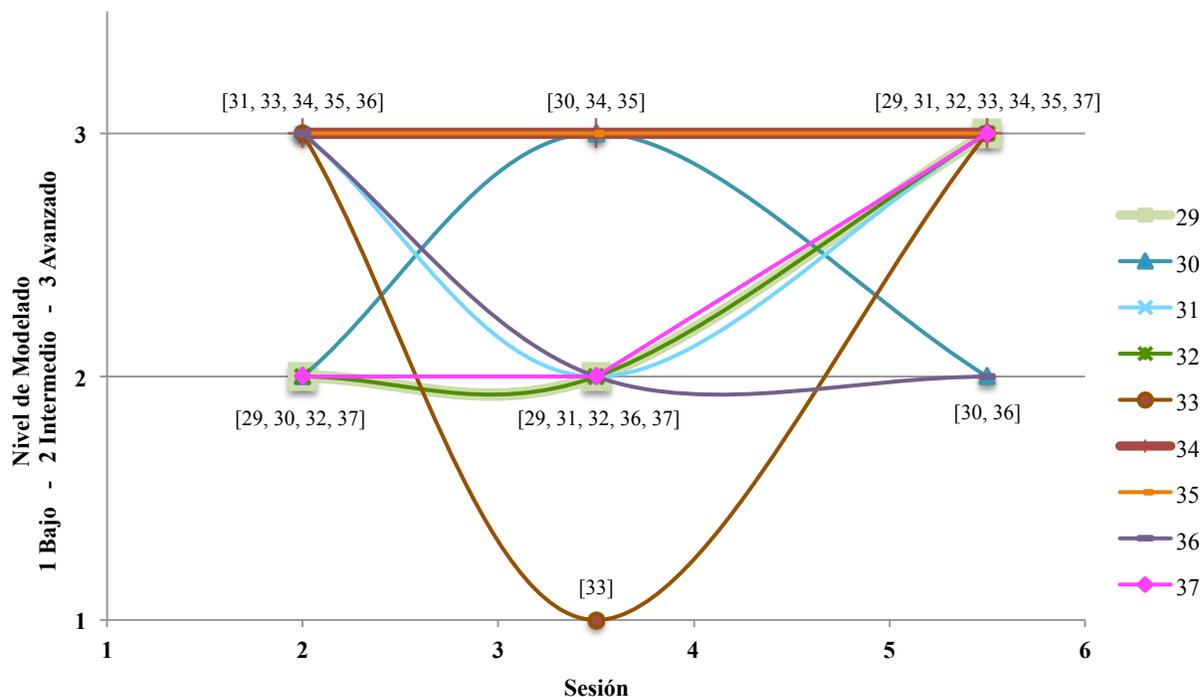


Figura 5.45 Ruta de modelado de los estudiantes que iniciaron en un nivel *avanzado*.

La mayoría de estos estudiantes iniciaron la SD construyendo un modelo que en esta sesión se esperaba: identificar las entidades -protones y electrones-, y sus propiedades -cargas eléctricas negativas y positivas, así como el equilibrio de dichas cargas en la materia-. Al término de la secuencia, la mayoría de ellos, mantuvieron el modelo de la Sesión 2 para tener un modelo muy cercano al MCEA.

En Síntesis

La mayor parte de los estudiantes alcanzó el nivel *avanzado* al final de la SD. Con ello, puedo decir que sin importar el nivel con el que inició cada estudiante, fue posible transformar sus modelos iniciales y sí se alcanza, en buena medida el MCEA.

5.2.3 Análisis de 5 Casos Relevantes

En esta sección trato de responder la pregunta de investigación ¿cómo evolucionan los modelos de cinco estudiantes de su pensamiento inicial?. Para tal propósito, presento los modelos que fueron construyendo a lo largo de la SD cinco de los 28 estudiantes, y entender cómo se dió esta construcción y qué elementos la favorecieron.

De acuerdo a las gráficas anteriores (Figuras 5.42-5.45), los estudiantes pudieron haber iniciado la SD en un nivel *bajo*, *intermedio* o *avanzado*, de ahí, siguieron diversas trayectorias por las tres fases de la SD (Figura 5.46), y de acuerdo a todas las posibilidades que pudieran existir para las trayectorias de modelado, éstas fueron las que encontré en los 37 estudiantes:

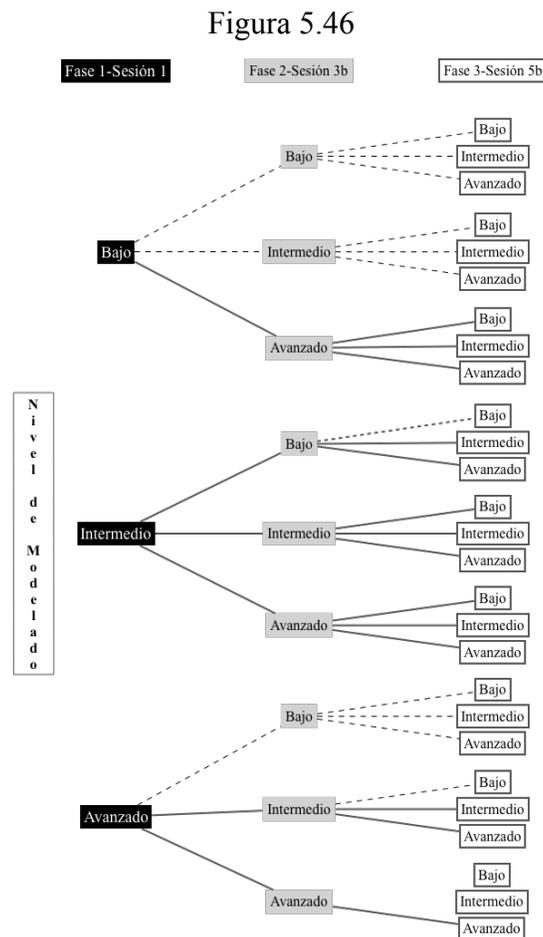


Figura 5.46. Las líneas señalan las trayectorias de modelos encontradas en los 28 estudiantes.

De acuerdo a estas rutas obtenidas (Figura 5.46), elegí 5 que representan dichas rutas y que lograron alcanzar el nivel *avanzado* al final de la SD, es decir los modelos que en la Fase 3- Sesión 5b se aproximaran al MCEA.

Los 5 estudiantes seleccionados son los siguientes (Figura 5.47):

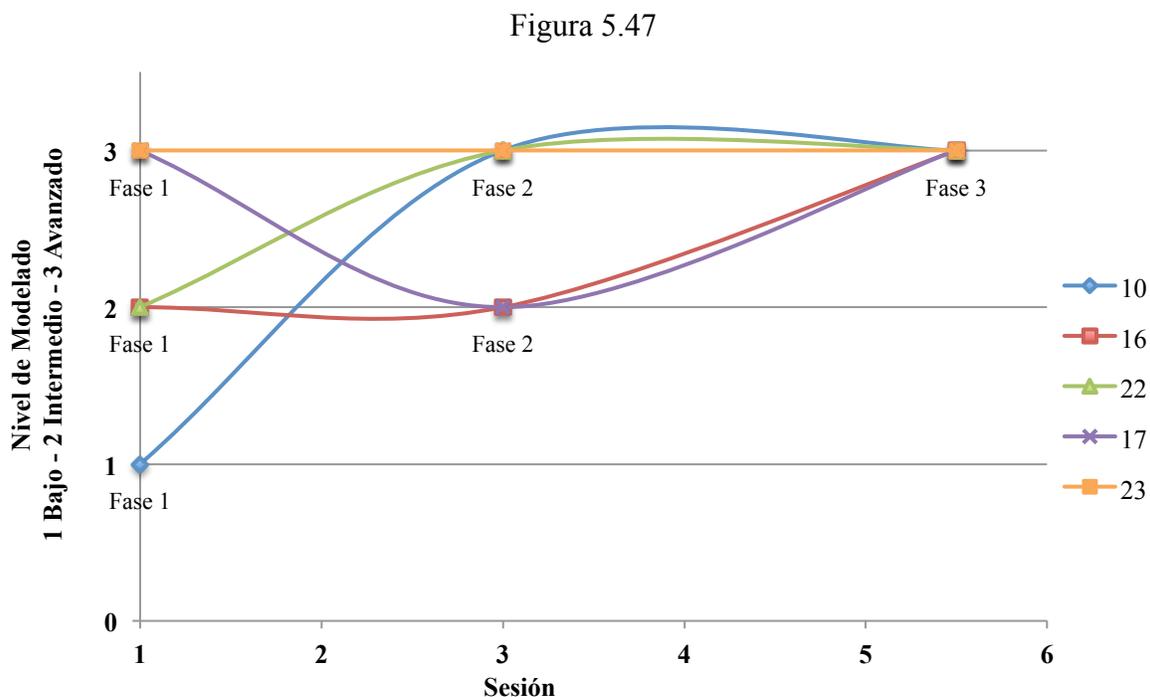


Figura 5.47 Ruta de modelado de 5 estudiantes durante las tres fases de la SD.

A continuación, se muestra y analiza la trayectoria y la transformación de sus modelos en cada fase de la SD de los cinco estudiantes seleccionados:

5.2.3.1 Estudiante número 10

Entidades

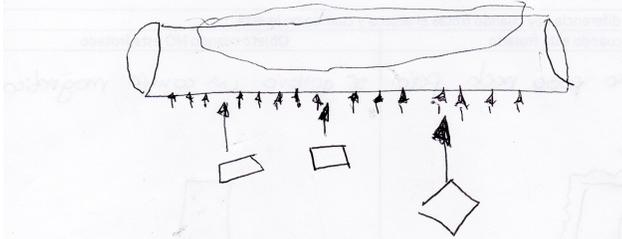
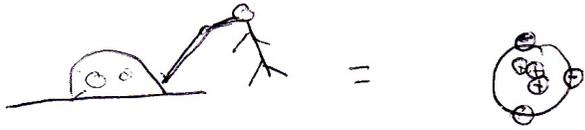
El estudiante solamente toma en cuenta, como entidades, los objetos utilizados para esta sesión: frotar un Paño de lana contra un Tubo PVC y acercarlo a unos trozos de papel; con ello,

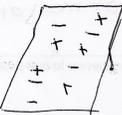
se puede decir que el sujeto percibe al fenómeno macroscópicamente, lo que influirá en sus posteriores explicaciones.

Para la Fase 2, el estudiante toma en cuenta el objeto -nivel macroscópico- donde se presenta el fenómeno electrostático -una burbuja-, y el modelo atómico: señalando los protones y electrones como entidades presentes -a nivel microscópico- en la materia y que llevan a cabo el fenómeno electrostático.

Y en la Fase 3, el estudiante dibuja un paño de lana y una regla de plástico antes de ser frotados con igual número de protones y electrones ('+' y '-') es decir, considera a estas entidades -cargas eléctricas positivas y negativas-, como las principales para que se lleve a cabo el fenómeno electrostático. Con esto, puedo decir que este estudiante logra acercarse a lo planteado en el MCEA con un nivel de modelado avanzado (Tabla 5.18),.

Tabla 5.18
Transformación de las entidades en el estudiante núm. 10.

Fase	Entidades	
<p>1 MEI</p>	<p>Tubo PVC Paño de lan Trozos de papel</p>	<p>¿Qué sucede entre el trozo de tela y el objeto que frotaste?. Dibuja y escribe tu explicación.</p> 
<p>2</p>	<p>Burbuja Electrones Protones</p>	<p>3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p> 

3 MCEL	Paño de lana Tubo PVC Electrones Protones	1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC.	
		¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.	¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.
		Neutra 	Neutra 

Propiedades

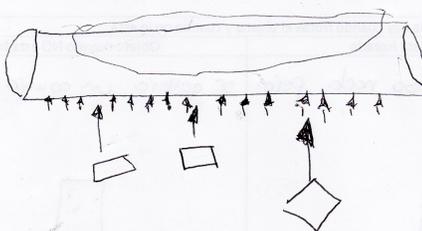
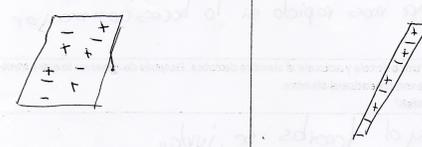
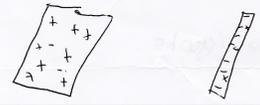
En la Fase 1, el estudiante representa el Tubo PVC después de haber sido frotado con el Paño de lana y atrayendo a los trozos de papel. Él no utilizó ningún término para esta acción, ya que sólo se limitó a dibujar unas flechas indicando la atracción entre ambos materiales.

En la Fase 2, dibuja una burbuja y el modelo atómico: señalando igual número de protones ('+') y electrones ('-') y escribe 'Neutra' para indicar el equilibrio de cargas en la burbuja. Después de frotar el tubo PVC contra el paño de lana, el estudiante dibuja un exceso de '-' en el Tubo PVC y un exceso de '+' en el paño de lana, con esto señala que hubo una transferencia de cargas negativas del paño de lana hacia el Tubo PVC, quedando electrizado.

Para la Fase 3, toma en cuenta las cargas eléctricas como entidades microscópicas presentes en éstos, señalando con un '+' a los protones y con un '-' a los electrones; y que ayudarán a que se presente un fenómeno electrostático. Con todo ello, puedo concluir que el estudiante número 10 tuvo una aproximación muy cercana a lo propuesto en el MCEA (Tabla 5.19):

Tabla 5.19

Transformación de las propiedades en el estudiante núm. 10.

Fase	Propiedades	
<p>1 MEI</p>	<p>El tubo PVC 'atrae' a los trozos de papel.</p>	<p>¿Qué sucede entre el trozo de tela y el objeto que frotaste?. Dibuja y escribe tu explicación.</p> 
<p>2</p>	<p>La materia (Burbuja) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>	<p>1. Se coloca un poco de agua jabonosa sobre una hoja de plástico y se dispersa con la mano. 2. Con ayuda del popote, se hace una burbuja sobre el agua jabonosa.</p> <p>¿Qué carga eléctrica tiene la burbuja? <u>Neutra</u></p> <p>3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p>  <p>4. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? <u>Negativa</u> ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? <u>Positiva</u></p> <p>5. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p> 
<p>3 MCEL</p>	<p>Los materiales (Paño de lana y tubo PVC) que no están electrizados tienen 'carga' <i>Neutra</i>.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/ Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>	<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta. <u>Neutra</u></p> <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta. <u>Neutra</u></p>  <p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p> 

Relaciones/Reglas de Inferencia

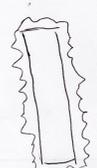
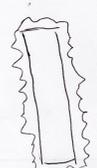
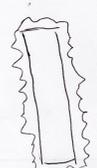
En la Fase 1, el estudiante explica que, después de frotar un tubo PVC contra un paño de lana, al frotar ambos objetos *se genera un campo magnético, energía magnética*. El estudiante

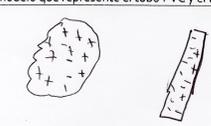
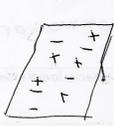
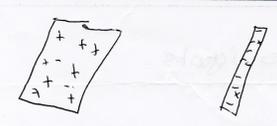
relaciona los fenómenos magnéticos con los electrostáticos por el hecho de ‘atraer’ a otros objetos. También señala que si no se frota el tubo PVC, no se presentará el fenómeno.

En la fase 2, destaca el desprendimiento y ganancia de cargas eléctricas negativas - electrones- entre el tubo PVC que es frotado por el paño de lana. De esta manera, respresenta el tubo PVC con abundancia de cargas eléctricas negativas, por lo que al acercarlo a una burbuja, se presentan fuerzas de atracción entre ambos por la diferencia de cargas -negativas y positivas respectivamente-.

En la fase 3, el estudiante tiene claro la presencia de cargas negativas y positivas (+, -), y las mantiene como las entidades principales; por lo tanto, explica de manera gráfica que, después de frotar el tubo PVC contra el paño de lana, éste pudo perder electrones para que el tubo se electrizará ganando dichas cargas. También, escribe ‘*Porque cargas negativas se repelen*’, para explicar el comportamiento de las laminillas de aluminio en el electroscopio. Con ello, el estudiante representa que las laminillas adquieren cargas eléctricas negativas al acercarse el tubo PVC y que pueden fluir por el alambre de cobre (Tabla 5.20).

Tabla 5.20
Transformación de las relaciones/reglas de inferencia en el estudiante núm. 10.

Fase	Relaciones/Reglas de Inferencia					
<p>1 MEI</p>	<p>Si se frota el tubo, entonces <i>parcialmente pasa nada, pero se genera un campo magnético</i> que atrae los trozos de papel.</p> <p>Si no se frota el tubo, entonces <i>no sucede nada</i>.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="763 1444 1101 1470">Objeto cuando esta frotado</th> <th data-bbox="1101 1444 1429 1470">Objeto cuando NO esta frotado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="763 1470 1101 1774"> <p><i>Parcialmente no pasa nada, pero</i></p>  <p><i>Se genera energía magnética</i></p> </td> <td data-bbox="1101 1470 1429 1774"> <p><i>se genera un campo magnético</i></p>  <p><i>No sucede nada</i></p> </td> </tr> </tbody> </table>	Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado	<p><i>Parcialmente no pasa nada, pero</i></p>  <p><i>Se genera energía magnética</i></p>	<p><i>se genera un campo magnético</i></p>  <p><i>No sucede nada</i></p>
Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado					
<p><i>Parcialmente no pasa nada, pero</i></p>  <p><i>Se genera energía magnética</i></p>	<p><i>se genera un campo magnético</i></p>  <p><i>No sucede nada</i></p>					

<p>2</p>	<p>Si se frotran algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales distintos (Burbuja-Tubo PVC) poseen <i>carga</i> eléctrica diferente (<i>positiva-negativa</i>), entonces producirán <i>fuerza de atracción</i>.</p>	<p>4. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? <u>Negativa</u> ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? <u>Positiva</u></p> <p>5. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p>  <p>6. Se acerca lentamente el tubo PVC a la burbuja. ¿Qué sucedía con la fuerza entre el tubo de PVC y la burbuja? <u>El tubo atrae a la burbuja</u></p> <p>7. ¿Qué tipo de fuerzas se ejercen entre el tubo PVC y la burbuja? <u>Carga negativa y carga positiva - fuerza de atracción</u></p> <p>8. Haz un dibujo explicando qué sucedió con las cargas eléctricas de la burbuja para que pudiera ser atraída por el tubo PVC.</p> 
<p>3 MCEL</p>	<p>Si se frotran algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales (laminillas de aluminio) <i>tienen cargas negativas</i>, entonces <i>se repelen</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p>	<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta. <u>Neutro</u></p>  <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta. <u>Neutra</u></p>  <p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p>  <p>3. "Electroscopio". Acerca el tubo PVC al alambre de cobre. ¿Qué sucede con las laminillas de aluminio? <u>Se separan</u></p> <p>4. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportaron de esa manera las laminillas.</p>  <p><u>Por que cargas negativas se repelen</u></p>

Inferencias Generalizadas

En la Fase 1, el estudiante no hizo mención de alguna inferencia generalizada. Para la Fase 2, sólo se obtuvo información acerca de una inferencia generalizada de las dos propuestas en el MCEA. Dicha inferencia, se refiere a la proporcionalidad entre distancia y comportamiento

entre dos cuerpos electrizados -o uno de ellos electrizado-. Como se observa en la tabla 5.21, el estudiante logra completar, como se esperaba, las oraciones que se solicitaron en el instrumento (Anexo 6): A mayor/menor distancia, menor/mayor fuerza de atracción o repulsión -según sea el caso-.

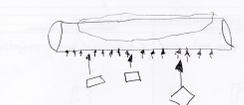
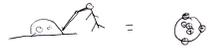
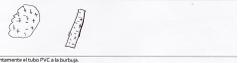
En la Fase 3, el instrumento (Anexo 10) se diseñó de tal manera que los estudiantes lograran explicar, con más detalle lo que sucedía al electrizar dos materiales y provocar fuerzas de atracción o repulsión. En este caso, el estudiante sólo se limita a responder el efecto que causa el frotar con mayor o menor intensidad estos materiales: ‘*Se carga más rápido si lo haces con mayor intensidad*’ (Tabla 5.21):

Tabla 5.21
Transformación de las inferencias generalizadas en el estudiante núm. 10.

Fase	Inferencias Generalizadas	
1 MEI	No explicita	
2	Si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto cargado eléctricamente y otro que no lo está, entonces su fuerza de atracción será <i>menor/mayor</i> .	Mientras más alejado esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será... <i>Menor</i> Mientras más cerca esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será... <i>mayor</i>
3 MCEL	Si el tubo se frota <i>con mayor intensidad</i> , entonces <i>se carga más rápido</i> .	6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál? <i>Se carga mas rapido si lo haces con mayor intensidad</i>

En Síntesis

Tabla 5.22
Transformación de modelado en el estudiante número 10.

		Fase			Transformación
		1 MEI	2	3 MCEL	
Entidades	<p>Tubo PVC Paño de lana Trozos de papel</p> <p>¿Cuál sucede entre el trozo de tela y el objeto que frota? Dibuja y escribe tu explicación.</p> 	<p>Electrones Protones</p> <p>3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p> 	<p>Electrones Protones</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>2. ¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> 	<p>Fase 1: entidades macroscópicas, -Tubo PVC, paño de lana, trozos de papel-.</p> <p>Fases 2 y 3: entidades microscópicas -protones y electrones-.</p>	
	Propiedades	<p>El tubo PVC 'atrae' a los trozos de papel.</p> <p>¿Qué sucede entre el trozo de tela y el objeto que frota? Dibuja y escribe tu explicación.</p> 	<p>La materia (Burbuja) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela que plasmó en una hoja de plástico y se dispersa con la mano. 2. Con ayuda del paño, se hace una burbuja sobre el agua plasmada. ¿Qué carga eléctrica tiene la burbuja? <i>Neutra</i> 3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p>  <p>4. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo PVC? <i>Electrica</i> ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? <i>Positiva</i> 5. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p> 	<p>La materia (Paño de lana y tubo PVC) tiene 'carga' <i>Neutra</i>.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/ Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>2. ¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p>  <p>3. Frota el tubo PVC con lana. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la lana? Analiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p> 	<p>Fase 1: la atracción como única propiedad del tubo PVC.</p> <p>Fases 2 y 3: propiedades de objetos electrizados/no electrizados: ganancia/equilibrio de cargas eléctricas negativas.</p>
Relaciones/Reglas de Inferencia	<p>Si se frota el tubo, entonces <i>parcialmente no pasa nada, pero se genera un campo magnético</i> que atrae los trozos de papel.</p> <p>Si no se frota el tubo, entonces <i>no sucede nada</i>.</p> <p>¿Cuanto cuando está frota? <i>Objeto cuando no está frota?</i></p> <p><i>Parcialmente no pasa nada pero se genera un campo magnético</i></p> <p><i>Si genera energía magnética</i></p> 	<p>Si se frota algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales distintos (Burbuja-Tubo PVC) poseen <i>carga eléctrica diferente (positiva-negativa)</i>, entonces producirán <i>fuerza de atracción</i>.</p> <p>1. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo PVC? <i>Electrica</i> ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? <i>Positiva</i> 2. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p>  <p>3. Se acerca lentamente el tubo PVC al trozo de tela. ¿Qué sucede con la fuerza entre el tubo PVC y la burbuja? <i>El tubo atrae a la burbuja</i></p> <p>4. ¿Qué sucede cuando se acercan entre sí tubo PVC y burbuja? <i>Como repulsa y magnet positiva - fuerza de atracción</i></p> <p>5. Dibuja un dibujo explicando qué sucede con las cargas eléctricas de la burbuja para que pudieran ser atraída por el tubo PVC.</p> 	<p>Si se frota algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales (laminillas de aluminio) <i>tienen cargas negativas</i>, entonces <i>se repelen</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p> <p>1. ¿"Electroscopio"? ¿Mover el tubo PVC al alambre de cobre. ¿Qué sucede con las laminillas de plomo?</p> <p>2. <i>se repelen</i></p> <p>3. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que salieron del tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportan de esa manera las laminillas.</p>  <p><i>Por que los gases magnéticos se repelen</i></p>	<p>Fase 1: relaciona los fenómenos electrostáticos con los magnéticos.</p> <p>Fases 2 y 3: sus explicaciones se centran en un nivel microscópico: si se frota algunos objetos, entonces hay pérdida y ganancia de electrones. Toma en cuenta si presentan diferentes/iguales tipos de cargas: atracción/repulsión de los materiales. Considera que las cargas eléctricas pueden fluir por un material conductor.</p>	

Inferencias Generalizadas	No explicita	<p>Si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto cargado eléctricamente y otro que no lo está, entonces su fuerza de atracción será <i>menor/mayor</i>.</p> <p><small>Dos cuerpos con cargas eléctricas diferentes ejercen fuerza de atracción. Mientras más lejos esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, la fuerza de atracción será menor.</small></p> <p><small>Mientras más cerca esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, la fuerza de atracción será mayor.</small></p>	<p>Si el tubo se frota <i>con mayor intensidad</i>, entonces <i>se carga más rápido</i>.</p> <p><small>Si, (entre el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC) ¿hay alguna diferencia? ¿cómo? ¿cómo se carga más rápido si lo haces con mayor intensidad?</small></p>	<p>Fase 1: ninguna inferencia generalizada.</p> <p>Fase 2: señala que la fuerza de atracción entre objetos electrizados es inversamente proporcional a la distancia entre éstos.</p> <p>Fase 3: dependiendo de la intensidad al frotar el material, éste queda cargado con mayor/menor rapidez.</p>
Características del Modelo	<p>El modelo carece de las entidades microscópicas (partículas atómicas, cargas eléctricas) que permita la explicación del fenómeno. La fuerza de atracción entre los materiales se expone como un fenómeno magnético y se limita a una explicación sustentada únicamente por la percepción sensorial, por lo que inicia en un nivel de modelado <i>bajo</i>.</p>	<p>El modelo va acercándose al MCEA: Toma en cuenta entidades microscópicas (partículas atómicas, cargas eléctricas). Puede explicar algunos fenómenos electrostáticos desde dichas entidades: cómo se electriza o no un material, la electrización por frotación y la atracción por diferencia de cargas. Permite explicar que la percepción de la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado. En esta fase el modelo se considera en un nivel <i>avanzado</i>.</p>	<p>Este modelo se aproxima al MCEA: Explica los fenómenos electrostáticos a partir de entidades microscópicas: partículas atómicas, cargas eléctricas. Puede explicar el equilibrio de cargas en un material, la electrización de éste por frotación, la repulsión por igualdad de cargas y el flujo de cargas por un material conductor. El modelo se ve limitado al señalar que el modo de frotamiento influirá en la rapidez en que se carga el material, alejándose de las inferencias generalizadas que se proponen en el MCEA. Por lo tanto, se considera en un nivel <i>avanzado</i>.</p>	<p>Fase 1: explica el fenómeno únicamente por lo que perciben sus sentidos y lo relaciona con los fenómenos magnéticos.</p> <p>Fase 2-sesión 3: incorpora las entidades y propiedades de las partículas atómicas: cargas eléctricas, equilibrio y ganancia de las mismas-; y algunas de las relaciones/reglas de inferencias: electrización de un material por frotación y atracción de materiales por diferencia de cargas; e inferencias generalizadas: la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado.</p> <p>Fase 3: el modelo es muy cercano al MCEA.</p>

La siguiente gráfica (Figura 5.48) muestra la trayectoria de modelado del estudiante número 10 en las tres fases de la SD. Se puede observar que inicia con un modelo *bajo*; en la Fase 2-Sesión 3b, alcanza un modelo *avanzado*, es decir, muy cercano a lo propuesto en dicha sesión; y en la Fase 3, se mantiene en este nivel puesto que su MCEL es muy cercano al MCEA. Puedo decir que la trayectoria de sus modelos es *progresiva*.

Figura 5.48

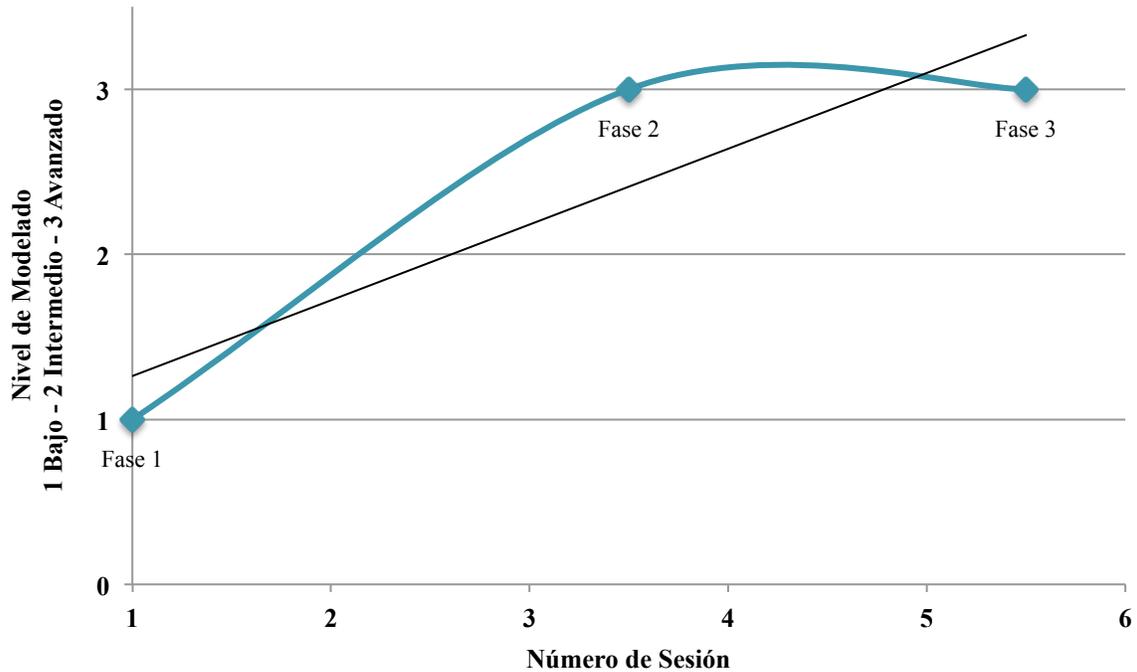


Figura 5.48 Niveles de modelado durante las tres fases de la SD en el estudiante número 10.

5.2.3.2 Estudiante número 16

Entidades

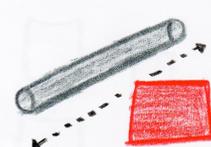
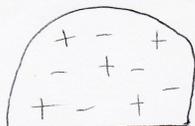
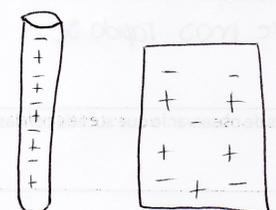
Las entidades que el estudiante señala en la Fase 1, son los objetos utilizados para la actividad, es decir, un *pañó de lana* que es frotado contra un *tubo PVC* y que después atrae a un chorro de *agua*.

En la Fase 2, el estudiante dibuja dentro de la burbuja con '+' y '-' (protones y electrones) a las entidades que intervienen en el fenómeno.

Y para la Fase 3, continúa manteniendo las entidades de la Fase 2: dibuja el paño de lana y tubo PVC las partículas ('+' y '-') como responsables para que se lleve a cabo el fenómeno electrostático (Tabla 5.23):

Tabla 5.23

Transformación de las entidades en el estudiante número 16.

Fase		Entidades
<p>1 MEI</p>	<p>Tubo PVC Paño de lana</p>	<p>¿Qué sucede entre el trozo de tela y el objeto que frotaste? Dibuja y escribe tu explicación.</p> <p>Hace fricción y después cuando lo acercamos al agua la atrae</p> 
<p>2</p>	<p>Electrones Protones</p>	<p>3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p> 
<p>3 MCEL</p>	<p>Electrones Protones</p>	<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 

Propiedades

En la Fase 1, el estudiante menciona sólo una propiedad que presentó un tubo PVC al frotarlo contra un paño de lana y que posteriormente se acercó a un chorro de agua: la atracción del agua hacia el tubo electrizado.

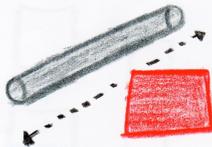
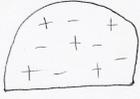
En la fase 2, menciona que la burbuja posee ‘carga eléctrica’ *neutra*, por dibujar en ésta la misma cantidad de ‘+’ que de ‘-’, y así tener en cuenta el equilibrio de cargas. Después de frotar el tubo PVC contra el paño de lana, el estudiante representa, que el paño *le pasa todas* las cargas

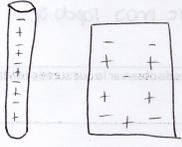
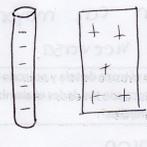
eléctricas negativas al tubo PVC, quedando éste con dichas partículas y ‘eliminando’ las cargas positivas (+’).

También en la Fase 3 señala igual numero de ‘+’ que de ‘-’, tanto en el paño de lana como en el tubo PVC. Después de que frotó el paño de lana contra el trozo de unisel, el estudiante nuevamente mantiene las propiedades que manifestó en la Fase 2, al dibujar el paño de lana sin cargas negativas -sólo dibuja en éste ‘+’-, puesto que *los pasó* al trozo de unisel; y éste *se carga negativamente*, por tener *todas* las cargas negativas y eliminando las cargas positivas en el material.

Tabla 5.24

Transformación de las propiedades en el estudiante número 16.

Fase	Propiedades	
<p>1 MEI</p>	<p>El tubo PVC <i>hace fricción</i> (dibuja flechas indicando la frotación del paño de lana con el tubo). <i>Al agua la atrae.</i></p>	<p>¿Qué sucede entre el trozo de tela y el objeto que frotaste?. Dibuja y escribe tu explicación.</p> <p>Hace fricción y después cuando lo acercamos al agua la atrae</p> 
<p>2</p>	<p>La materia (burbuja) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>	<p>1. Se coloca un poco de agua jabonosa sobre una hoja de plástico y se dispersa con la mano. 2. Con ayuda del popote, se hace una burbuja sobre el agua jabonosa. ¿Qué carga eléctrica tiene la burbuja? <u>Neutra</u> 3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p>  <p>4. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? <u>Negativa</u> ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? <u>Positiva</u> 5. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p> 

3 MCEL	<p>La materia (Paño de lana y Tubo PVC) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana y Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>	<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p style="text-align: center;">Neutra</p>  <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p>  <p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p>  <p style="text-align: right;">Se carga negativamente.</p>
-------------------------	---	--

Relaciones/Reglas de Inferencia

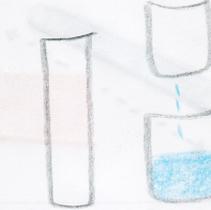
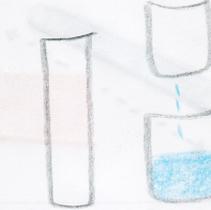
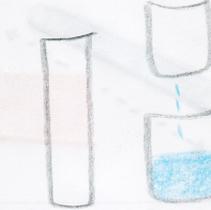
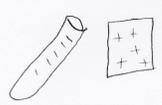
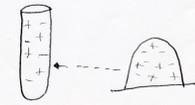
En la Fase 1, representa qué sucede cuando frota el tubo PVC contra un paño de lana y después lo acerca a un chorro de agua, mencionando la atracción del agua hacia el tubo PVC.

Para la Fase 2, explica la atracción entre un tubo PVC electrizado y una burbuja, representando cargas eléctricas positivas y negativas en ambos objetos, es decir, sin haber un desequilibrio de cargas en el tubo PVC. Esto no se mantiene en las siguientes sesiones como se verá a continuación.

En la Fase 3, el estudiante representa en su modelo que, después de frotar el tubo PVC contra el paño de lana, éste queda con cargas positivas ('+') y el tubo con cargas negativas ('-'). También señala que, al acercar el tubo PVC electrizado al alambre de cobre, las cargas eléctricas negativas llegan hasta las laminillas de aluminio (dibuja '-'). Al observar lo que sucede con las laminillas de aluminio escribe '*se separan*', y no utiliza el término, 'repeler' (Tabla 5.25).

Tabla 5.25

Transformación de las relaciones/reglas de inferencia en el estudiante número 16.

Fase	Relaciones/Reglas de Inferencia					
<p>1 MEI</p>	<p>Si hace fricción, entonces cuando lo acercamos al agua la atrae.</p> <p>Si no se frota el tubo, entonces no hace fricción y no atrae el agua.</p>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th style="width: 50%;">Objeto cuando esta frotado</th> <th style="width: 50%;">Objeto cuando NO esta frotado</th> </tr> <tr> <td> <p>hace fricción y se atrae</p>  </td> <td> <p>No atrae el agua.</p>  </td> </tr> </table>	Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado	<p>hace fricción y se atrae</p> 	<p>No atrae el agua.</p> 
Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado					
<p>hace fricción y se atrae</p> 	<p>No atrae el agua.</p> 					
<p>2</p>	<p>Si se frotan algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales distintos (Tubo PVC-Burbuja) poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de <i>atracción</i>.</p>	<p>4. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? <u>Negativa</u> ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? <u>Positiva</u></p> <p>5. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p>  <p>6. Se acerca lentamente el tubo PVC a la burbuja. ¿Qué sucedía con la fuerza entre el tubo de PVC y la burbuja? <u>Al acercarse el tubo, atrae la burbuja</u> <u>Fuerza de atracción</u></p> <p>7. ¿Qué tipo de fuerzas se ejercen entre el tubo PVC y la burbuja? <u>Atracción</u></p> <p>8. Haz un dibujo explicando qué sucedió con las cargas eléctricas de la burbuja para que pudiera ser atraída por el tubo PVC.</p> 				
<p>3 MCEL</p>	<p>Si se frotan algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces <i>se cargan</i> eléctricamente ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales (Laminillas de aluminio) poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces <i>se separan</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p>	<p>3. "Electroscopio". Acercas el tubo PVC al alambre de cobre. ¿Qué sucede con las laminillas de aluminio? <u>Se separan.</u></p> <p>4. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportaron de esa manera las laminillas.</p> 				

Inferencias Generalizadas

En la Fase 1, el estudiante no presentó alguna inferencia generalizada en su modelo.

En la Fase 2, completa los enunciados, como se esperaba, al mencionar que si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto electrizado hacia uno que no lo está, entonces la fuerza de atracción será menor/mayor.

Para la Fase 3, el estudiante menciona que si se frota *rápido* el material, entonces *se carga con mayor intensidad*, y por el contrario, si se frota menos rápido, se cargará con menor intensidad (Tabla 5.26).

Tabla 5.26

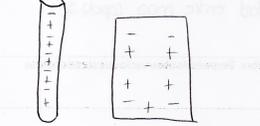
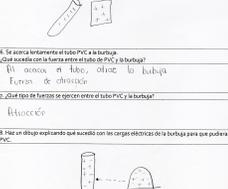
Transformación de las inferencias generalizadas en el estudiante número 16.

Fase	Inferencias Generalizadas	
1 MEI	No explicita	
2	Si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está entonces su fuerza de atracción será <i>menor/mayor</i> .	<p>Mientras más alejado esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será...</p> <p><u>Menor</u></p> <p>Mientras más cerca esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será...</p> <p><u>Mayor</u></p>
3 MCEL	Si el tubo <i>se frota más/menos rápido</i> , entonces <i>se carga con mayor/menor intensidad</i> .	<p>6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál?</p> <p><u>Se cargan con mayor intensidad entre mas rapido se frote y viceversa.</u></p>

En Síntesis

Tabla 5.27

Transformación de modelado en el estudiante número 16.

		Fase			Transformación
		1 MEI	2	3 MCEL	
Entidades	<p>Tubo PVC Paño de lana</p> <p>¿Qué sucede entre el trozo de tela y el objeto que frota? Dibuja y escribe tu explicación.</p> <p>Hace fricción y después cuando lo acercamos al agua la atrae.</p> 	<p>Electrones Protones</p> <p>3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p> 	<p>Electrones Protones</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 	<p>Fase 1: entidades macroscópicas -paño de lana y tubo PVC-.</p> <p>Fases 2 y 3: incorpora entidades microscópicas: Electrones y Protones</p>	
	<p>El tubo PVC <i>hace fricción</i> (dibuja flechas indicando la frotación del paño de lana con el tubo). <i>Al agua la atrae.</i></p> <p>¿Qué sucede entre el trozo de tela y el objeto que frota? Dibuja y escribe tu explicación.</p> <p>Hace fricción y después cuando lo acercamos al agua la atrae.</p> 	<p>La materia (Burbuja) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p> <p>1. Se coloca un poco de agua phosfor sobre una hoja de aluminio y se dispone con la mano. ¿Con qué del soporte, el tubo o burbuja tiene el agua phosfor? ¿Qué carga eléctrica tiene la burbuja? <i>Neutra</i> 3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p> 	<p>La materia (Paño de lana y Tubo PVC) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana y Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta. ¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 	<p>Fase 1: propiedad de un material electrizado de la fricción y la atracción.</p> <p>Fases 2 y 3: propiedades de objetos electrizados: 'aparecen' cargas eléctricas negativas y 'desaparecen' las positivas; y de los objetos que no lo están: equilibrio de cargas eléctricas.</p>	
	<p>Si <i>hace fricción</i>, entonces cuando lo acercamos al agua la atrae.</p> <p>Si <i>no hace fricción</i>, entonces no atrae el agua.</p> <p>Objetos cuando se frota. Objeto cuando NO se frota.</p> <p>Hace fricción y se atrae. No atrae el agua.</p> 	<p>Si se frotan algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales distintos (Burbuja-Tubo PVC) poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de <i>atracción</i>.</p> <p>4. Se acerca lentamente el tubo PVC a la burbuja. ¿Qué sucede con la burbuja al acercarse al tubo PVC? No atrae al tubo, atrae la burbuja. Fuerzas de atracción. ¿Qué tipo de fuerza se genera entre el tubo PVC y la burbuja? Atracción.</p> <p>5. Hacer un dibujo explicando qué sucede con las cargas eléctricas de la burbuja para que pudiera ser atraída por el tubo PVC.</p> 	<p>Si se frotan algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces <i>se cargan</i> eléctricamente ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales (Laminillas de aluminio) poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces <i>se separan</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se pone en contacto un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p> <p>3. "Electrones" ¿Qué sucede con el alambre de cobre? ¿Qué sucede con las laminillas de aluminio? Se separan.</p> <p>4. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que adquiere el tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportan de esa manera las laminillas.</p> 	<p>Fase 1: si se hace fricción en un objeto, entonces podrá atraer a otro.</p> <p>Fases 2 y 3: sus explicaciones se centran en un nivel microscópico: al frotar algunos objetos, hay pérdida y ganancia de electrones; si presentan diferentes/iguales tipos de cargas, entonces producen atracción/repulsión de los materiales. Finalmente, considera que las cargas eléctricas pueden fluir por un material conductor (aunque en la fase dos menciona 'energía').</p>	

Inferencias Generalizadas	No explicita	<p>Si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está entonces su fuerza de atracción será <i>menor/mayor</i>.</p> <p><small>Mientras más lejos está el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será...</small></p> <p><small>Menor</small></p> <p><small>Mientras más cerca está el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será...</small></p> <p><small>Mayor</small></p>	<p>Si el tubo <i>se frota más/menos rápido</i>, entonces <i>se carga con mayor/menor intensidad</i>.</p> <p><small>A. ¿Tiene el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál?</small></p> <p><small>Se carga con mayor intensidad entre más rápido se frota y viceversa.</small></p>	<p>Fase 1: ninguna.</p> <p>Fase 2: la fuerza de atracción/repulsión entre objetos electrizados es inversamente proporcional a la distancia entre éstos.</p> <p>Fase 3: la intensidad en como se frote el material, influye en que éste quede cargado con mayor/menor rapidez.</p>
Características del Modelo	<p>El modelo carece de las entidades microscópicas (partículas subatómicas, cargas eléctricas) que permita la explicación del fenómeno en cuestión. La atracción entre cuerpos se limita a una explicación sustentada únicamente por la percepción sensorial; de esta manera el modelo se encuentra en un nivel <i>intermedio</i>.</p>	<p>El modelo va acercándose al MCEA: Toma en cuenta entidades microscópicas (partículas subatómicas, cargas eléctricas). Puede explicar algunos fenómenos electrostáticos: cómo se electriza o no un material, la electrización por frotación y la atracción por diferencia de cargas. Permite explicar que la fuerza de atracción dependerá de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado. En esta fase el modelo se considera <i>intermedio</i>.</p>	<p>Este modelo se aproxima al MCEA: Explica los fenómenos electrostáticos a partir de entidades microscópicas: partículas subatómicas, cargas eléctricas. Explica el equilibrio de cargas en un material, la electrización de éste por frotación, la repulsión por igualdad de cargas y el flujo de ‘energía’ por un material conductor. El modelo se ve limitado en dos aspectos: uno de ellos es que, después de frotar los materiales, un tipo de carga ‘desaparecerían’ para quedar ‘electrizados’; y otro, porque señala que el modo de frotar el material influiría en la intensidad de la carga que adquiere. Aún así, se considera un modelo <i>avanzado</i>.</p>	<p>Fase 1: explica el fenómeno únicamente por lo que perciben sus sentidos.</p> <p>Fase 2-sesión 3: incorpora las entidades y propiedades: partículas atómicas y cargas eléctricas, equilibrio y transferencia de las mismas; y algunas de las relaciones/reglas de inferencias: electrización de un material por frotación y atracción de materiales por diferencia de cargas, e inferencias generalizadas: la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado.</p> <p>Fase 3: el modelo se aproxima al MCEA.</p>

En la Figura 5.49, el estudiante inicia en la Fase 1 -MEI-, con un modelo *intermedio* pues considera a la fricción entre los objetos como un elemento para que se presente el fenómeno. En la Fase 2 se mantiene en el nivel intermedio pues el estudiante considera que después de que se froten los objetos ‘desaparecen’ ciertas partículas en ellos y así quedan cargados eléctricamente, por lo que se cumplen parcialmente los propósitos planteados al término de la sesión 3b. Y en la Fase 3, alcanza el nivel *avanzado*, por tener un modelo muy cercano al MCEA. De esta manera, la trayectoria de sus modelos la considero *progresiva*.

Figura 5.49

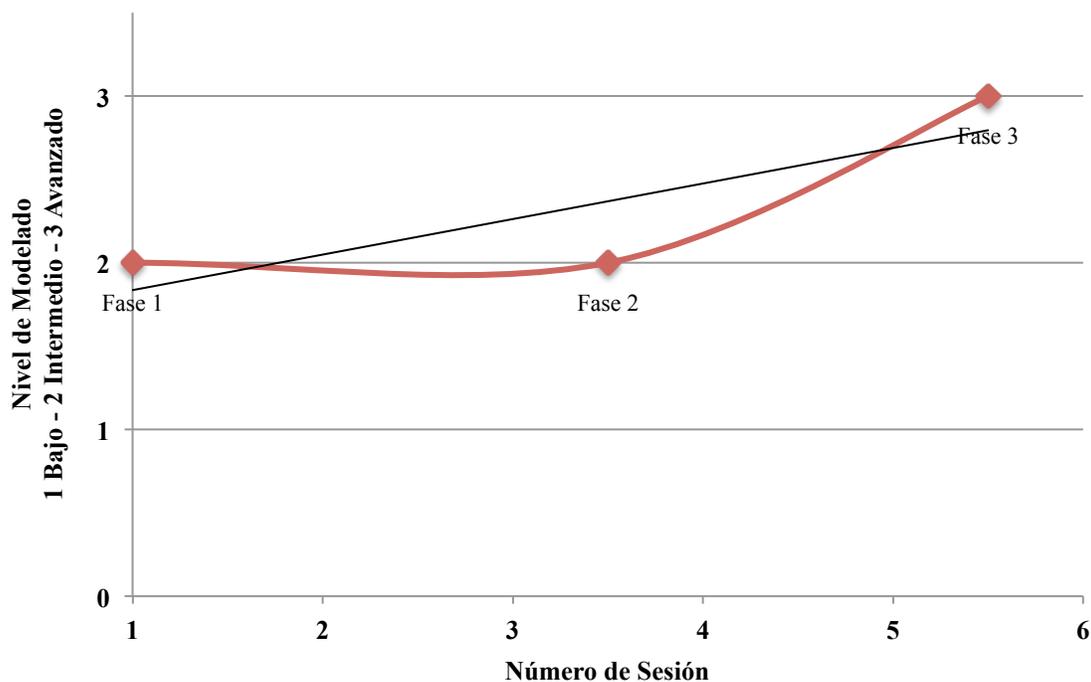


Figura 5.49 Niveles de modelado durante las tres fases de la SD en el estudiante número 16.

5.2.3.3 Estudiante número 22

Entidades

En la Fase 1, el estudiante toma en cuenta como entidades a los objetos utilizados para esta actividad: globo y paño de lana; y además ‘algo’ que aparece alrededor del globo, sin especificar de qué se trata.

En la Fase 2, representa la burbuja con ‘+’ y ‘-’, tomando en cuenta las partículas subatómicas.

Para la Fase 3, representa el paño de lana y tubo PVC nuevamente con igual número de ‘+’ que de ‘-’, indicando así el equilibrio de cargas. Además, escribe *neutra* para hacer notar la ‘carga eléctrica neta’ de los objetos.

Tabla 5.28

Transformación de las entidades en el estudiante número 22.

Fase	Entidades			
1 MEI	Globo (dibuja líneas alrededor del globo)	<p>2. ¿Qué sucedió en el objeto que frotaste para que pudiera ser atraído a la pared/virutas de madera/papelitos/agua? Dibuja y escribe tu explicación.</p> <p>R= Se carga de energía eléctrica</p> 		
2	Electrones Protones	<p>3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p> 		
3 MCEL	Electrones Protones	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="706 730 1071 928"> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p>  </td> <td data-bbox="1071 730 1429 928"> <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p>  </td> </tr> </table>	<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 	<p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> 
<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 	<p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> 			

Propiedades

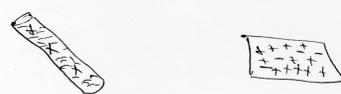
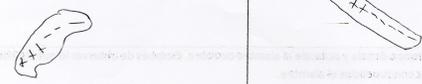
Al inicio de la SD, el estudiante escribe que el globo, después de haberlo frotado con el paño de lana, adquiere sólo una propiedad: *se carga de energía eléctrica*. Aunque también dibuja alrededor del globo unas líneas que podrían representar dicha energía.

En la Fase 2, representa una burbuja con igual número de '+' que de '-', señalando así el equilibrio de cargas y escribiendo *Neutra*. Después de frotar el Tubo PVC contra un Paño de lana, dibuja un exceso de '-' en el Tubo PVC, y un exceso de '+' en el paño de lana, quedando así electrizado el tubo PVC y señalando que el Tubo PVC ganó cargas eléctricas negativas.

Al llegar a la Fase 3, nuevamente utiliza el modelo que fue construyendo durante la fase 2: las partículas atómicas presentes en dichos objetos y que representó con '+' y '-' (Tabla 5.29).

Tabla 5.29

Transformación de las propiedades en el estudiante número 22.

Fase	Propiedades	
<p>1 MEI</p>	<p>El globo <i>se carga de energía eléctrica</i>.</p>	<p>2. ¿Qué sucedió en el objeto que frotaste para que pudiera ser atraído a la pared/virutas de madera/papelitos/agua? Dibuja y escribe tu explicación.</p> <p>R= Se carga de energía eléctrica</p> 
<p>2</p>	<p>La materia (Burbuja) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>	<p>1. Se coloca un poco de agua jabonosa sobre una hoja de plástico y se dispersa con la mano. 2. Con ayuda del popote, se hace una burbuja sobre el agua jabonosa. ¿Qué carga eléctrica tiene la burbuja? <u>Neutra</u> 3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p>  <p>4. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? <u>Negativa</u> ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? <u>Positiva</u> 5. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p> 
<p>3 MCEL</p>	<p>La materia (Paño de lana y tubo PVC) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/ Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>	<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta. <u>Neutra</u> ¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p>  <p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p> 

Relaciones/Reglas de Inferencia

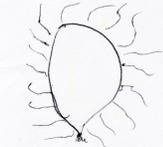
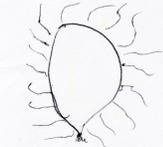
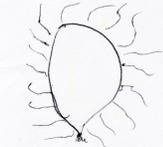
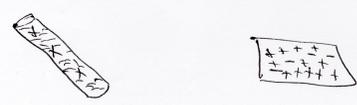
En la Fase 1, el estudiante representa un globo que fue frotado con un paño de lana, y menciona que el globo *se carga* -aunque no especifica de qué-; además, considera a la ‘fricción’ como una propiedad y no como una acción realizada en el globo. Hace énfasis que al no frotarse el globo no adquiere ninguna propiedad.

En la Fase 2, y como se observa en la Tabla 5.29, el estudiante considera que, al frotar un tubo PVC contra un paño de lana, éste puede perder electrones para que el tubo PVC los gane, es por ello que en su dibujo del paño de lana abundan los '+' y en el tubo PVC los '-'. También representa en un dibujo, que el desequilibrio de cargas en el tubo PVC -exceso de electrones- puede generar *una atracción* con la burbuja, que posee 'carga' *Neutra*, es decir, la diferencia de cargas eléctricas entre los dos objetos puede generar fuerzas de atracción.

Para la Fase 3, y de acuerdo a la Tabla 5.29, el estudiante muestra su modelo similar al de la Fase 2, ya que al dibujar los objetos utilizados en esta sesión -pañó de lana, tubo PVC- los representa con igual número de '+' que de '-', escribiendo *neutra* señalando un equilibrio de cargas eléctricas. De igual forma, después de frotar los materiales, dibuja un exceso de '+' en el paño de lana y exceso de '-' en el tubo PVC, teniendo en cuenta la pérdida/ganancia de electrones en los objetos, y por lo tanto un desequilibrio en dichas cargas. Con respecto a la fuerza de repulsión, el estudiante no menciona qué tipo de cargas poseen las laminillas de aluminio, solamente escribe lo que sucede a simple vista *-se abren las láminas-*, y utiliza el término *repulsión*. Lo mismo sucede para explicar el flujo de las cargas eléctricas a través de un material conductor -alambre de cobre-, ya que sólo describe lo que sucede de manera macroscópica sin hacer mención sobre lo que estaría sucediendo a nivel microscópico (Tabla 5.30).

Tabla 5.30

Transformación de las relaciones/reglas de inferencia en el estudiante número 22.

Fase	Relaciones/Reglas de Inferencia					
<p>1 MEI</p>	<p>Si se frota el globo, entonces <i>hubo fricción, se carga</i> (dibuja líneas alrededor del globo) y se atrae a la pared.</p>	<p>3. ¿Sucedería lo mismo si no froteras el objeto? ¿Por qué? <i>Res: No sucede lo mismo porque uno al frotarlo se carga</i></p> <p>4. Dibuja y explica qué diferencia hay cuando frotas el objeto y cuando no lo está.</p> <table border="1" data-bbox="690 483 1421 735"> <thead> <tr> <th data-bbox="690 483 1063 514">Objeto cuando esta frotado</th> <th data-bbox="1063 483 1421 514">Objeto cuando NO esta frotado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="690 514 1063 735">  </td> <td data-bbox="1063 514 1421 735">  </td> </tr> </tbody> </table>	Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado		
Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado					
						
<p>2</p>	<p>Si se frotan algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales distintos (Burbuja-Tubo PVC) poseen cargas distintas (positivas-negativas), entonces <i>hay fuerzas de atracción</i>.</p>	<p>4. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? <i>Negativa</i> ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? <i>Positiva</i></p> <p>5. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p>  <p>6. Se acerca lentamente el tubo PVC a la burbuja. ¿Qué sucedía con la fuerza entre el tubo de PVC y la burbuja? <i>Hay fuerzas de atracción</i></p>  <p>7. ¿Qué tipo de fuerzas se ejercen entre el tubo PVC y la burbuja? <i>Atracción</i></p> <p>8. Haz un dibujo explicando qué sucedió con las cargas eléctricas de la burbuja para que pudiera ser atraída por el tubo PVC.</p> 				
<p>3 MCEL</p>	<p>Si se frotan algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales (laminillas de aluminio) tienen cargas, entonces <i>se abren las láminas (repulsión)</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces <i>se abren las láminas</i>.</p>	<p>3. "Electroscopio". Acerca el tubo PVC al alambre de cobre. ¿Qué sucede con las laminillas de aluminio? <i>Se abren las laminas</i></p> <p>4. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportaron de esa manera las laminillas.</p>  <p>5. ¿Qué tipo de fuerzas observaste entre las laminillas de aluminio? <i>Repulsión</i></p>				

Inferencias Generalizadas

Al iniciar la SD, el estudiante no se encontró en sus representaciones ninguna inferencia generalizada.

Para la Fase 2, el estudiante completa como se esperaba, las dos frases del instrumento utilizado para esta sesión (Anexo 6), al mencionar que si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto electrizado hacia uno que no lo está, entonces la fuerza de atracción será menor/mayor.

Finalmente, en la Fase 3, el estudiante solamente menciona que si se frota con mayor intensidad el material, entonces *se carga más* (Tabla 5.31).

Tabla 5.31

Transformación de las inferencias generalizadas en el estudiante número 22.

Fase	Inferencias Generalizadas	
1 MEI	No explicita	
2	Si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está entonces su fuerza de atracción será <i>menor/mayor</i> .	<p>Mientras más alejado esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será...</p> <p><u>Menor</u></p> <p>Mientras más cerca esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será...</p> <p><u>Mayor</u></p>
3 MCEL	Si el tubo se frota con mayor intensidad, entonces <i>se carga más</i> .	<p>6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál?</p> <p><u>Se carga más</u></p>

En Síntesis

Tabla 5.32

Transformación de modelado en el estudiante número 22.

		Fase			Transformación
		1	2	3	
		MEI		MCEL	
Entidades	Globo (dibuja líneas alrededor del globo)	Electrones Protones	Electrones Protones	Electrones Protones	Fase 1: entidades macroscópicas: globo y otras que no específica (líneas). Fases 2 y 3: entidades microscópicas: protones y electrones presentes en los objetos.
	El globo se carga de energía eléctrica.	La materia (Burbuja) es Neutra, por lo que sus cargas están equilibradas. Algunos materiales (Paño de lana/Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).	La materia (Paño de lana y tubo PVC) es Neutra, por lo que sus cargas están equilibradas. Algunos materiales (Paño de lana/ Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).	La materia (Paño de lana y tubo PVC) es Neutra, por lo que sus cargas están equilibradas. Algunos materiales (Paño de lana/ Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).	Fase 1: propiedad de un material que fue frotado: la adquisición de energía eléctrica. Fases 2 y 3: propiedades tanto de objetos electrizados (ganancia de cargas eléctricas negativas), como de los que no lo están (equilibrio de cargas eléctricas).
	Si se frota el globo, entonces hubo fricción, se carga (dibuja líneas alrededor del globo) y se atrae a la pared.	Si se frotan algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones. Si dos materiales distintos (Burbuja-Tubo PVC) poseen cargas distintas (positivas-negativas), entonces hay fuerzas de atracción.	Si se frotan algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones. Si dos materiales (laminillas de aluminio) tienen cargas, entonces se repelen. Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.	Si se frotan algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones. Si dos materiales (laminillas de aluminio) tienen cargas, entonces se repelen. Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.	Fase 1: menciona que sólo si se frota el objeto, entonces se carga y puede atraerse a otro. Fases 2 y 3: sus explicaciones se centran en un nivel microscópico: si se frotan algunos objetos, entonces hay pérdida/ganancia de electrones; si presentan diferentes/iguales tipos de cargas, entonces producen atracción/repulsión de los materiales. Finalmente, considera que las cargas eléctricas pueden fluir por un material conductor.
Relaciones/Reglas de Inferencia					

Inferencias Generalizadas	No explicita	<p>Si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está entonces su fuerza de atracción será <i>menor/mayor</i>.</p> <p><small>Muestra más algado está el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será.</small></p> <p><i>Menor/Mayor</i></p> <p><small>Muestra más cerca está el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será.</small></p> <p><i>Menor/Mayor</i></p>	<p>Si el tubo se frota con mayor intensidad, entonces <i>se carga más</i>.</p> <p><small>¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Por qué?</small></p> <p><i>Se cargan más</i></p>	<p>Fase 1: ninguna.</p> <p>Fase 2: la fuerza de atracción/repulsión entre objetos electrizados es inversamente proporcional a la distancia entre éstos.</p> <p>Fase 3: la intensidad al frotar el material, influye en que éste quede más/menos cargado.</p>
Características del Modelo	<p>El modelo carece de las entidades microscópicas (partículas subatómicas, cargas eléctricas) que le permita explicar el fenómeno.</p> <p>La electrización de los materiales, se limita a una explicación sustentada únicamente por lo que perciben los sentidos e incluso asigna entidades que ‘aparecen’ sin especificar qué son (líneas alrededor del objeto). Este modelo se considera en un nivel <i>intermedio</i>.</p>	<p>El modelo va acercándose al MCEA: Toma en cuenta entidades microscópicas (partículas subatómicas, cargas eléctricas). Explica cómo se electriza o no un material, la electrización por frotación y la atracción por diferencia de cargas. Explica que la percepción de la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado. En esta fase el modelo se encontraría en un nivel <i>avanzado</i>.</p>	<p>Este modelo se aproxima al MCEA: Explica los fenómenos a partir de entidades microscópicas: partículas subatómicas, cargas eléctricas.</p> <p>Explica el equilibrio de cargas en un material, la electrización de éste por frotación, la repulsión por igualdad de cargas y el flujo de cargas por un material conductor.</p> <p>La manera de frotar el material influirá en la cantidad de cargas que adquiera. De esta manera el modelo se considera en un nivel <i>avanzado</i>.</p>	<p>Fase 1: explica el fenómeno únicamente por lo que perciben sus sentidos. Considera a la ‘electricidad’ como una entidad y propiedad del objeto electrizado.</p> <p>Fase 2-sesión 3: incorpora las entidades y propiedades: partículas subatómicas y cargas eléctricas, equilibrio y transferencia de las mismas; y algunas de las relaciones/reglas de inferencias: electrización de un material por frotación y atracción de materiales por diferencia de cargas; e inferencias generalizadas: la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado.</p> <p>Fase 3: el modelo construido por el estudiante logra incorporar un modelo muy similar al MCEA.</p>

La siguiente gráfica (Figura 5.50) muestra la trayectoria de modelado del estudiante número 22 en las tres fases de la SD. El estudiante inicia en un nivel *intermedio*, porque agrega un elemento más en su modelo: la electricidad. A partir de la Fase 2, alcanza un modelo *avanzado*, es decir, muy cercano a los propósitos de la Fase 2-Sesión 3b. Finalmente en la Fase 3, el estudiante mantiene su modelo en un nivel *avanzado* pues logra aproximarse al MCEA. La gráfica y la trayectoria de sus modelos se observa de manera *progresiva*.

Figura 5.50

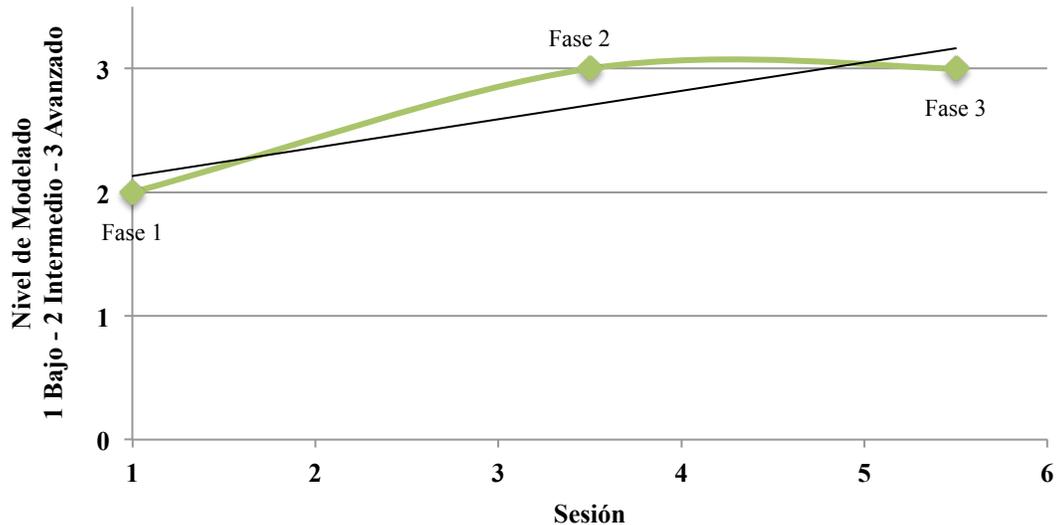


Figura 5.50 Niveles de modelado durante las tres fases de la SD en el estudiante número 22.

5.2.3.4 Estudiante número 17

Entidades

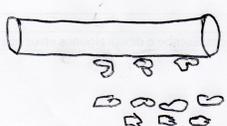
El MEI de este estudiante toma en cuenta como entidades los objetos utilizados para la actividad -pañó de lana, tubo PVC, virutas de madera-, es decir, dibujó lo que a simple vista sucedió con los objetos.

En la Fase 2, representa en su modelo como entidades las partículas atómicas con '+' y '-'.

Lo mismo sucede en la Fase 3: representa en su modelo -como entidades- a las cargas eléctricas representadas con '+' y '-' (Tabla 5.33):

Tabla 5.33

Transformación de las entidades en el estudiante número 17.

Fase		Entidades		
1 MEI	Tubo PVC Virutas de madera	<p>2. ¿Qué sucedió en el objeto que frotaste para que pudiera ser atraído a la pared/virutas de madera/papelitos/agua? Dibuja y escribe tu explicación.</p> <p>suelta electricidad al frotar trapo con el tubo</p> 		
2	Electrones Protones	<p>3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p> 		
3 MCEL	Electrones Protones	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td data-bbox="714 829 1063 1081"> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p>  </td> <td data-bbox="1063 829 1421 1081"> <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p>  </td> </tr> </table>	<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 	<p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 
<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 	<p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 			

Propiedades

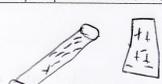
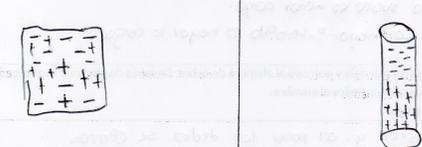
En la Fase 1, el estudiante menciona dos propiedades en el tubo PVC después de haberlo frotado con el paño de lana: *atrae el aserrín* y *suelta electricidad*.

Durante la Fase 2, el estudiante escribe *neutra* como una propiedad en la burbuja -no esta electrizada-. Después de que se frotó el tubo PVC contra un paño de lana, representa el paño de lana con '+' y escribe que tiene carga *positiva*, y el trozo de unisel con exceso de '-' escribiendo que tiene carga *negativa*, para señalar que el paño pierde electrones y el trozo de unisel los gana.

En la Fase 3, nuevamente representa las propiedades que menciona en la Fase 2: escribe *neutra* como un equilibrio de cargas, tanto en el tubo PVC como en el paño de lana antes de ser frotados, ya que señala igual cantidad de '+' que de '-' en cada uno. De la misma manera, para

representar un desequilibrio de cargas en los objetos -después de haber sido frotados-, señala en el tubo PVC una ganancia de cargas negativas (seis '-' y dos '+'); y en el paño de lana una ganancia de cargas positivas (señala cinco '+' y dos '-').

Tabla 5.34
Transformación de las propiedades en el estudiante número 17.

Fase	Propiedades	
<p>1 MEI</p> <p>El tubo <i>atrae al aserrín</i>. <i>El trapo suelta electricidad</i>.</p>	<p>¿Qué sucede entre el trozo de tela y el objeto que frotaste?. Dibuja y escribe tu explicación.</p>  <p><i>atrae al aserrín al frotar el trapo contra el tubo de PVC</i></p>	
<p>2</p> <p>La materia (Burbuja) es <i>neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana, Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>	<p>1. Se coloca un poco de agua jabonosa sobre una hoja de plástico y se dispersa con la mano. 2. Con ayuda del popote, se hace una burbuja sobre el agua jabonosa. ¿Qué carga eléctrica tiene la burbuja? <u>Neutra</u> 3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p>  <p>4. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? <u>Negativa</u> ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? <u>Positiva</u> 5. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p> 	
<p>3 MCEL</p> <p>La materia (Paño de lana, Tubo PVC) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>	<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta. <u>Neutra</u> ¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta. <u>Neutra</u></p>  <p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado. <u>Se carga eléctricamente</u></p> 	

Relaciones/Reglas de Inferencia

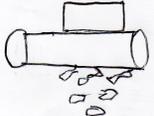
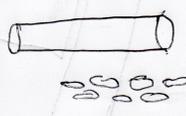
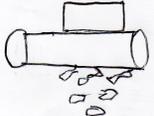
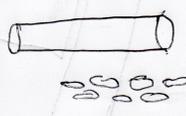
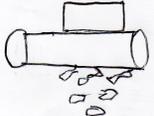
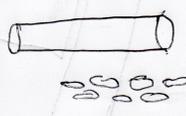
El estudiante explica en su MEI que, al frotar el tubo PVC contra el paño de lana, éste *suelta electricidad al tubo* y por lo tanto atrae a las virutas de madera. Mientras no se froten los objetos no se presentará dicho fenómeno.

Durante la Fase 2, representa que después de frotar el paño de lana contra el tubo PVC, el paño de lana adquiere carga eléctrica positiva (dibuja '+') y el tubo PVC adquiere carga eléctrica negativa (dibuja un exceso de '-'). De esta manera, en su modelo esta presente la pérdida de electrones, por parte del paño de lana, y la ganancia de éstos en el tubo PVC.

En la Fase 3, explica nuevamente que después de haber frotado el paño de lana contra el tubo PVC, el paño de lana pierde electrones y el tubo PVC los gana (Tabla 5.35). Con respecto a la fuerza de repulsión en las laminillas de aluminio, el estudiante explica que éstas *se separan, se repelen* porque ambas tienen *cargas negativas*. Y finalmente, otra relación/inferencia generalizada hallada en su modelo, es que al acercar el tubo PVC electrificado al alambre de cobre del electroscopio, las cargas eléctricas 'llegan' hasta las laminillas de aluminio y así poder observar la fuerza de repulsión entre éstas (Tabla 5.35).

Tabla 5.35

Transformación de las relaciones/reglas de inferencia en el estudiante número 17.

Fase	Relaciones/Reglas de Inferencia					
<p>1 MEI</p>	<p>Si se frota el trapo contra el tubo PVC, entonces atrae al aserrín.</p> <p>Si se frota el trapo con el tubo, entonces sucede, tiene electricidad.</p> <p>Si se frota el tubo con el trapo, entonces el trapo suelta electricidad al tubo</p>	<p>3. ¿Sucedería lo mismo si no froteras el objeto? ¿Por qué?</p> <p>no porque el trapo suelta electricidad al tubo y sin el trapo no sucede</p> <hr/> <p>4. Dibuja y explica qué diferencia hay cuando frota el objeto y cuando no lo está.</p> <table border="1" data-bbox="771 1648 1396 1873"> <thead> <tr> <th data-bbox="771 1648 1079 1680">Objeto cuando esta frotado</th> <th data-bbox="1079 1648 1396 1680">Objeto cuando NO esta frotado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="771 1680 1079 1873">  <p>el objeto atrae al aserrín si lo frota con el trapo</p> </td> <td data-bbox="1079 1680 1396 1873">  <p>no tiene electricidad por que no esta frotado al trapo</p> </td> </tr> </tbody> </table>	Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado	 <p>el objeto atrae al aserrín si lo frota con el trapo</p>	 <p>no tiene electricidad por que no esta frotado al trapo</p>
Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado					
 <p>el objeto atrae al aserrín si lo frota con el trapo</p>	 <p>no tiene electricidad por que no esta frotado al trapo</p>					

<p>2</p>	<p>Si se frotran algunos materiales (Trozo de unisel/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales distintos (Burbuja-Tubo PVC) poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de <i>atracción</i>.</p>	<p>4. Con el trozo de tela se frotra el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? <u>Negativa</u> ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? <u>Positiva</u></p> <p>5. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p>  <p>6. Se acerca lentamente el tubo PVC a la burbuja. ¿Qué sucedía con la fuerza entre el tubo de PVC y la burbuja? <u>atracción</u></p> <p>7. ¿Qué tipo de fuerzas se ejercen entre el tubo PVC y la burbuja? <u>atracción</u></p> <p>8. Haz un dibujo explicando qué sucedió con las cargas eléctricas de la burbuja para que pudiera ser atraída por el tubo PVC.</p> 
<p>3 MCEL</p>	<p>Si se frotran algunos materiales (Tubo PVC, Paño de lana), entonces <i>se cargan eléctricamente</i> ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales poseen <i>cargas negativas</i>, entonces <i>se separan, se repelen</i> (fuerzas de repulsión).</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p>	<p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p> <p><u>Se carga eléctricamente</u></p>  <p>3. "Electroscopio". Acerca el tubo PVC al alambre de cobre. ¿Qué sucede con las laminillas de aluminio? <u>Se separan</u></p> <p>4. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportaron de esa manera las laminillas.</p>  <p><u>Por que cargas negativas se repelen</u></p>

Inferencias Generalizadas

En el MEI, no se encontraron inferencias generalizadas.

Para la Fase 2, el estudiante completa como se esperaba, las dos frases del instrumento utilizado para esta sesión (Anexo 6), al mencionar que si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto electrizado hacia uno que no lo está, entonces la fuerza de atracción será menor/mayor.

En la Fase 3, explica que, dependiendo de la manera de frotar el tubo PVC -suave/mayor intensidad-, en éste *será menor/mayor carga* (Tabla 5.36).

Tabla 5.36

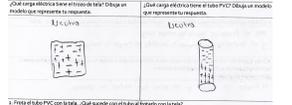
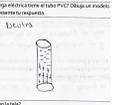
Transformación de las inferencias generalizadas en el estudiante número 17.

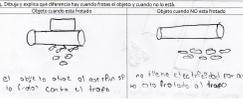
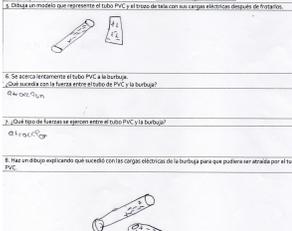
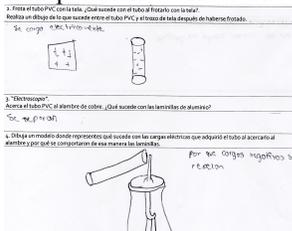
Fase	Inferencias Generalizadas	
1 MEI	No explícita	
2	Si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, entonces la fuerza de <i>atracción</i> será <i>menor/mayor</i> .	Mientras más alejado esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será... <i>Menor</i> Mientras más cerca esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será... <i>Mayor</i>
3 MCEL	Si el tubo <i>se frota suave/con mayor intensidad</i> , entonces <i>es menor/mayor la carga</i> .	6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál? <i>que al frotarlo suave es menor carga y al frotarlo con mayor intensidad es mayor la carga</i>

En Síntesis

Tabla 5.37

Transformación de modelado en el estudiante número 17.

		Fase			Transformación
		1 MEI	2	3 MCEL	
Entidades	Tubo PVC Virutas de Madera <i>¿Qué sucede en el siguiente fricamiento para que pudimos atraer a los pedacitos de material que se atrajo? ¿Cómo se comportan?</i> <i>Suelto electricidad al frotar sobre con el tubo</i> 	Electrones Protones <i>3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</i> 	Electrones Protones <i>1. Señalen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</i> <i>Electrones</i> 	Electrones Protones <i>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</i> <i>Electrones</i> 	Fase 1: las entidades son los objetos utilizados Fases 2 y 3: entidades microscópicas -protones y electrones-
	Propiedades	El tubo <i>atrae al aserrín</i> . <i>El trapo suelta electricidad.</i> <i>¿Qué sucede entre el trozo de tela y el tubo que frotamos? Dibuja y escribe tu respuesta.</i>  <i>atrae al aserrín al frotar el tubo contra el tubo de PVC</i>	La materia (Burbuja) es <i>neutra</i> , por lo que sus cargas están equilibradas. Algunos materiales (Paño de lana, Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones). <i>1. Se toma un poco de lana y se frota con una hoja de plástico y se dispone con la mano. Con ayuda del popote, se hace una burbuja sobre el agua jabonosa. ¿Qué carga eléctrica tiene la burbuja? ¿Cuál es? Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</i>  <i>2. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</i> <i>Electrones</i>  <i>3. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</i> 	La materia (Paño de lana, Tubo PVC) es <i>Neutra</i> , por lo que sus cargas están equilibradas. Algunos materiales (Paño de lana, Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones). <i>1. Se toman un poco de lana y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</i> <i>Electrones</i>  <i>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</i> <i>Electrones</i>  <i>2. Frotar el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Después de dibujar lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado... Si carga: +, -, +, -, +, -.</i> 	Fase 1: propiedad del material que fue frotado: la atracción; y con el que frotó: <i>suelta electricidad</i> . Fases 2 y 3: propiedades de objetos electrizados: ganancia de cargas eléctricas negativas, como de los que no lo están: equilibrio de cargas eléctricas.

Relaciones/Reglas de Inferencia	<p>Si se frota el trapo contra el tubo PVC, entonces atrae al aserrín.</p> <p>Si se frota el trapo con el tubo, entonces sucede, tiene electricidad.</p> <p>Si se frota el tubo con el trapo, entonces el trapo suelta electricidad al tubo.</p> 	<p>Si se frotran algunos materiales (Trozo de unisel/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales distintos (Burbuja-Tubo PVC) poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción.</p> 	<p>Si se frotran algunos materiales (Tubo PVC, Paño de lana), entonces se cargan eléctricamente ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales poseen cargas negativas, entonces se separan, se repelen (fuerzas de repulsión).</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p> 	<p>Fase 1: si se frota el objeto, entonces adquiere electricidad por parte de otro, y puede atraer a otros objetos.</p> <p>Fases 2 y 3: sus explicaciones se centran en un nivel microscópico: si se frotran algunos objetos, entonces hay pérdida/ganancia de electrones; si presentan diferentes/iguales tipos de cargas, entonces producen atracción/repulsión de los materiales. Finalmente, considera que las cargas eléctricas pueden fluir por un material conductor.</p>
Inferencias Generalizadas	<p>No explicita</p>	<p>Si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, entonces la fuerza de atracción será menor/mayor.</p>	<p>Si el tubo se frota suave/con mayor intensidad, entonces es menor/mayor la carga.</p>	<p>Fase 1: ninguna.</p> <p>Fase 2: señala que la fuerza de atracción/repulsión entre objetos electrizados es inversamente proporcional a la distancia entre éstos.</p> <p>Fase 3: menciona que la intensidad en como se frote el material, influye en que éste adquiera más o menos carga.</p>

Características del Modelo	<p>Carece de las entidades microscópicas (partículas subatómicas, cargas eléctricas) que le permitan explicar el fenómeno.</p> <p>La electrización de los materiales y la atracción entre cuerpos, se limita a una explicación sustentada únicamente por lo que perciben los sentidos. Aún así, el modelo se encuentra en un nivel <i>avanzado</i>, dentro de los MEI.</p>	<p>Va acercándose al MCEA: Toma en cuenta entidades microscópicas (partículas subatómicas, cargas eléctricas).</p> <p>Puede explicar algunos fenómenos: cómo se electriza o no un material, la electrización por frotación y la atracción por diferencia de cargas. Permite explicar que la percepción de la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado. Con todo ello, este modelo se considera <i>intermedio</i>.</p>	<p>Este modelo se aproxima al MCEA: Puede explicar los fenómenos electrostáticos a partir de entidades microscópicas: partículas atómicas, cargas eléctricas. Explica el equilibrio de cargas en un material, la electrización de éste por frotación, la repulsión por igualdad de cargas y el flujo de cargas por un material conductor.</p> <p>Aunque se ve, en cierta forma limitado, al señalar que el modo de frotamiento influirá en la cantidad de carga en el material, este modelo se considera <i>avanzado</i>.</p>	<p>Fase 1: explica el fenómeno únicamente por lo que perciben sus sentidos.</p> <p>Fase 2-sesión 3: incorpora las entidades y propiedades: partículas subatómicas y cargas eléctricas, equilibrio y pérdida/ganancia de las mismas; algunas de las relaciones/reglas de inferencias: electrización de un material por frotación y atracción de materiales por diferencia de cargas, e inferencias generalizadas: la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado.</p> <p>Fase 3: el modelo es muy similar al MCEA.</p>
-----------------------------------	--	--	---	---

La siguiente gráfica (Figura 5.51) muestra la trayectoria de modelado del estudiante número 10 en las tres fases de la SD. Se puede observar que inicia, con un modelo *avanzado*; en la Fase 2, va construyendo su modelo con un nivel *intermedio*, pues no logra incorporar en su modelo todos los propósitos expuestos al término de la sesión 3b. Para la Fase 3 logra aproximarse al MCEA por lo que tiene un modelo *avanzado*. La trayectoria que siguen sus modelos es un ejemplo de la categoría llamada *regresiva-progresiva*.

Figura 5.51

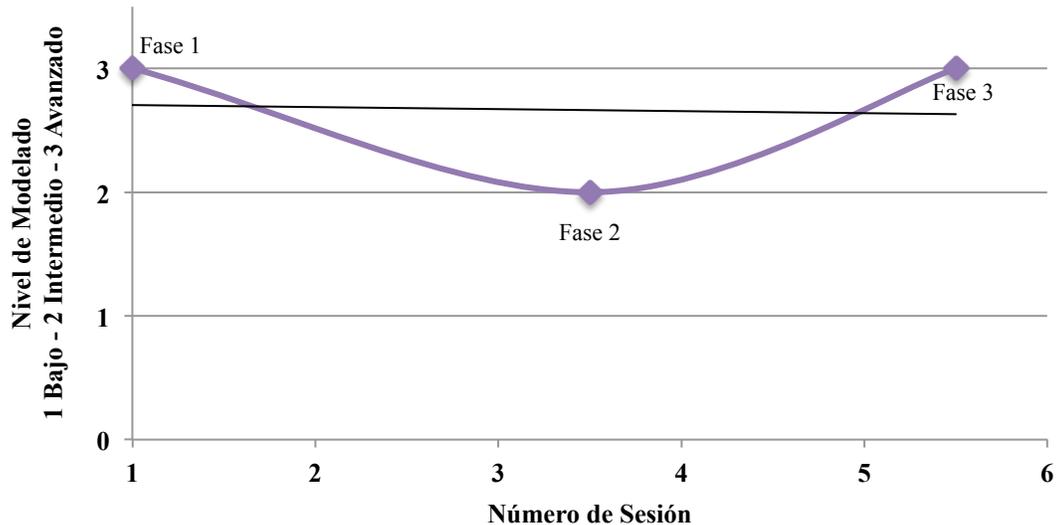


Figura 5.51 Niveles de modelado durante las tres fases de la SD en el estudiante número 17.

5.2.3.5 Estudiante número 23

Entidades

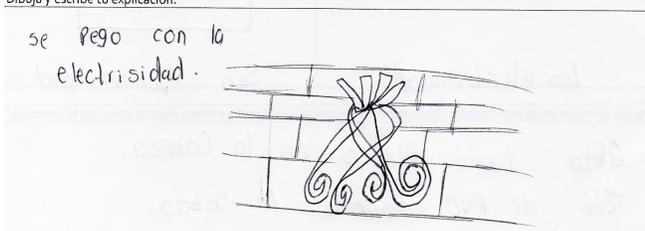
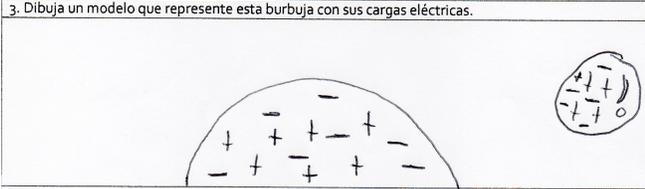
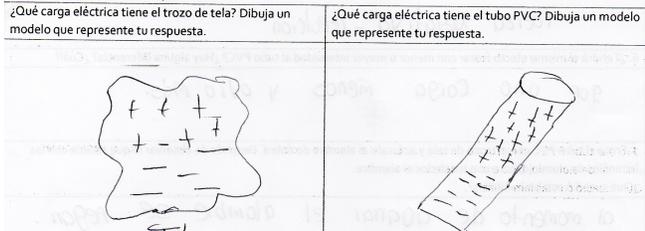
El MEI de este estudiante representó lo que a simple vista sucedió con la cinta después de haberlas frotado con un paño de lana. Además de esto, dibujó algunas líneas alrededor de las cintas, sin especificar de qué se trataba.

En la Fase 2, las entidades identificadas fueron las partículas subatómicas que representa con '+' y '-' en la burbuja.

Lo mismo sucede en la Fase 3: representa los objetos que utilizó en la sesión 5b -paño de lana, tubo PVC- como entidades, y sus cargas eléctricas representadas con '+' y '-' (Tabla 5.38).

Tabla 5.38

Transformación de las entidades en el estudiante número 23.

Fase	Entidades	
<p>1 MEI</p>	<p>Cinta celoseda Pared</p>	<p>2. ¿Qué sucedió en el objeto que frotaste para que pudiera ser atraído a la pared/virutas de madera/papelitos/agua? Dibuja y escribe tu explicación.</p> <p>se pego con la electricidad.</p> 
<p>2</p>	<p>Electrones Protones</p>	<p>3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p> 
<p>3 MCEL</p>	<p>Electrones Protones</p>	<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> 

Propiedades

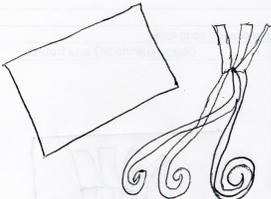
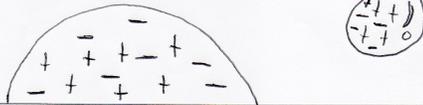
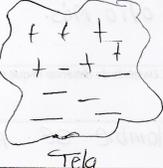
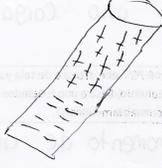
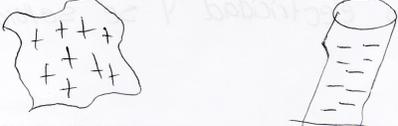
En la Fase 1 -MEI-, el estudiante menciona dos propiedades en la cinta de celoseda después de haberlas frotado con el paño de lana: *atrae la electricidad y se pega a la pared*.

Durante la Fase 2, escribe *neutra* como una propiedad de la burbuja, con un equilibrio de cargas, por dibujar en ella la misma cantidad de '+' que de '-'. Después de haber frotado un tubo PVC contra un paño de lana, el estudiante representa el paño de lana con '+', y el tubo PVC con exceso de '-', quedando así electrizado el tubo PVC con carga eléctrica *negativa*, y el paño de lana con carga eléctrica *positiva*.

En la Fase 3, nuevamente representa el paño de lana y tubo PVC antes de ser frotados, con igual cantidad de '+' que de '-' en cada uno. Después de haberlos frotado, representa el paño

de lana solamente con '+', sin considerar a los electrones, pues al parecer, se transfirieron al tubo PVC, ya que éste lo dibuja con '-', sin considerar a los protones (Tabla 5.39):

Tabla 5.39
Transformación de las propiedades en el estudiante número 23.

Fase	Propiedades	
<p>1 MEI</p>	<p>La cinta <i>atrae la electricidad, se pega a la pared.</i></p>	<p>1. Con el trozo de tela, frota uno de los materiales: globo/cinta celosada/popote/tubo PVC y acércalo a la pared/virutas de madera/papelitos/agua. ¿Qué sucede entre el trozo de tela y el objeto que frotaste?. Dibuja y escribe tu explicación.</p>  <p>Atrae la electricidad ↓ Por eso se pega a la pared</p>
<p>2</p>	<p>La materia (Burbuja) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas. Algunos materiales (Paño de lana/Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>	<p>1. Se coloca un poco de agua jabonosa sobre una hoja de plástico y se dispersa con la mano. 2. Con ayuda del popote, se hace una burbuja sobre el agua jabonosa. ¿Qué carga eléctrica tiene la burbuja? Neutra <i>Neutra</i>. 3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p>  <p>4. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? <i>Negativa</i> ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? <i>Positiva</i> 5. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p> 
<p>3 MCEL</p>	<p>La materia (Paño de lana, Tubo PVC, Laminillas de aluminio) por lo que sus cargas están equilibradas. Algunos materiales (Paño de lana, Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>	<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta. ¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p>   <p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p> 

Relaciones/Reglas de Inferencia

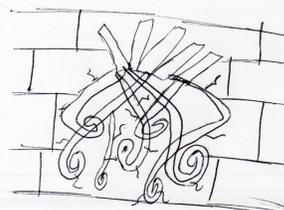
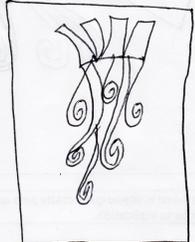
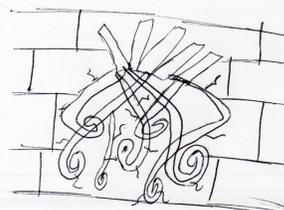
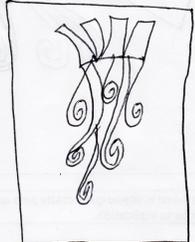
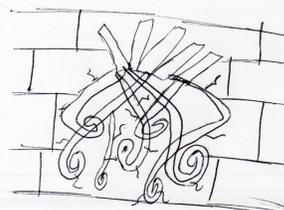
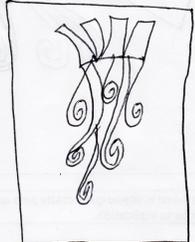
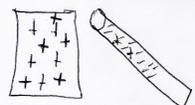
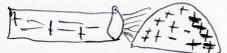
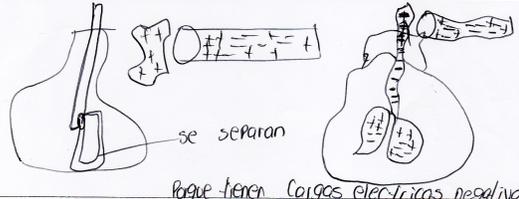
En el MEI de este estudiante explica que, al frotar el paño de lana contra la cinta de celoseda, éstas tienen *electricidad* y por esta razón *se pega* a la pared. Mientras no se frote no tendrá *electricidad ni fricción* y no se presentará el fenómeno.

En la Fase 2, explica y señala lo que estaría sucediendo, a nivel microscópico, después de que se frota el tubo PVC contra un paño de lana: el tubo PVC gana carga eléctrica negativa (dibuja un exceso de '-'); y el paño de lana dibuja solamente '+'. También escribe que el tubo PVC tiene carga eléctrica *negativa* y el paño de lana tiene carga eléctrica 'positiva'. También menciona que, al quedar electrizado el tubo PVC, éste atrae a la burbuja por la diferencia de cargas entre ambos objetos.

Para la Fase 3, explica que después de haber frotado el paño de lana contra el tubo PVC, éste gana electrones y el paño de lana los pierde, así se observa en el dibujo de la Tabla 5.39. Con respecto a la fuerza de repulsión en las laminillas de aluminio, el estudiante explica que éstas *se separan, se repelen* porque *tienen cargas eléctricas negativas*; aunque en su dibujo representa a las laminillas de aluminio con la misma cantidad de '+' que de '-'. Y finalmente, otra relación/inferencia generalizada hallada en su modelo, es que al acercar el tubo PVC electrizado al alambre de cobre del electroscopio, las cargas eléctricas negativas 'llegan' hasta las laminillas de aluminio y así se observa la fuerza de repulsión entre éstas (Tabla 5.40):

Tabla 5.40

Transformación de las relaciones/reglas de inferencia en el estudiante número 23.

Fase	Relaciones/Reglas de Inferencia					
<p>1 MEI</p>	<p>Si se frota la cinta, entonces tiene electricidad y por eso se pega a la pared. (dibuja las tiras se separadas y con líneas alrededor de las mismas).</p> <p>Si no se frota la cinta, entonces no tiene electricidad ni fricción. (dibuja las tiras unidas)</p>	<p>3. ¿Sucedería lo mismo si no froteras el objeto? ¿Por qué? No, porque no tiene electricidad ni fricción</p> <p>4. Dibuja y explica qué diferencia hay cuando frotas el objeto y cuando no lo está.</p> <table border="1" data-bbox="808 472 1404 871"> <thead> <tr> <th data-bbox="808 472 1128 514">Objeto cuando esta frotado</th> <th data-bbox="1128 472 1404 514">Objeto cuando NO esta frotado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="808 514 1128 871">  <p>con electricidad</p> </td> <td data-bbox="1128 514 1404 871">  <p>Sin electricidad</p> </td> </tr> </tbody> </table>	Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado	 <p>con electricidad</p>	 <p>Sin electricidad</p>
Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado					
 <p>con electricidad</p>	 <p>Sin electricidad</p>					
<p>2</p>	<p>Si se frotan algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales distintos (Burbuja-Tubo PVC) poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces el tubo atrae a la burbuja, fuerza de atracción.</p>	<p>4. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? <u>Negativa</u> ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? <u>Positiva</u></p> <p>5. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p>  <p>6. Se acerca lentamente el tubo PVC a la burbuja. ¿Qué sucedía con la fuerza entre el tubo de PVC y la burbuja? <u>el tubo atrae a la burbuja fuerza de atracción</u></p> <p>7. ¿Qué tipo de fuerzas se ejercen entre el tubo PVC y la burbuja? <u>Atracción</u></p> <p>8. Haz un dibujo explicando qué sucedió con las cargas eléctricas de la burbuja para que pudiera ser atraída por el tubo PVC.</p> 				
<p>3 MCEL</p>	<p>Si se frotan algunos materiales (Tubo PVC, Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales (Laminillas de aluminio) tienen cargas eléctricas negativas, entonces se separan (fuerza negativa-repulsión).</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p>	<p>3. "Electroscopio". Acercas el tubo PVC al alambre de cobre. ¿Qué sucede con las laminillas de aluminio? <u>se separan.</u></p> <p>4. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportaron de esa manera las laminillas.</p>  <p><u>se separan</u> <u>porque tienen cargas eléctricas negativas</u></p> <p>5. ¿Qué tipo de fuerzas observaste entre las laminillas de aluminio? <u>fuerza Negativa - repulsión</u></p>				

Inferencias Generalizadas

En la Fase 1, no se encontraron inferencias generalizadas.

Para la Fase 2, el estudiante completa las frases del instrumento (Anexo 6): si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto electrizado hacia otro que no lo está, entonces la fuerza de atracción será *menor/mayor*.

En la Fase 3, explica que si se frota un tubo PVC con menor/mayor intensidad, se *carga menos/más*.

Tabla 5.41

Transformación de las inferencias generalizadas en el estudiante número 23.

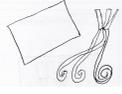
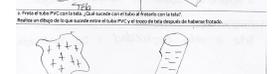
Fase	Inferencias Generalizadas	
1 MEI	No explicita	
2	Si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, entonces su fuerza de atracción será <i>menor/mayor</i> .	Mientras más alejado esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será... <u>Menor</u> Mientras más cerca esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será... <u>Mayor</u>
3 MCEL	Si el tubo se frota con menor/mayor intensidad, entonces <i>carga menos/más</i> .	6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál? <u>que uno carga menos y otro más.</u>

En Síntesis

Tabla 5.42

Transformación de modelado en el estudiante número 23.

	Fase			Transformación
	1 MEI	2	3 MCEL	
Entidades	Cinta celoseda Pared <small>1. ¿Qué sucede en el objeto que frotaste para que pudiera ser atraído a la pared? ¿De qué material es? ¿Qué propiedades tiene? ¿Cómo se relaciona con la electricidad?</small> se pego con la electricidad. 	Electrones Protones <small>2. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</small> 	Electrones Protones <small>3. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta. ¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</small> 	Fase 1: entidades macroscópicas -materiales utilizados-. Fases 2 y 3: toma en cuenta entidades microscópicas: protones y electrones presentes en los objetos.

Propiedades	<p>La cinta <i>atrae la electricidad, se pega a la pared.</i></p> <p>1. Una fricción en las tiras de aluminio, algunos objetos (tubo PVC) y acrílico a las laminillas de aluminio (objetos) que atraen a otros. (Dibujar un modelo que represente esta explicación.)</p>  <p>Al hacer la electricidad por eso se pega a la pared.</p>	<p>La materia (Burbuja) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p> <p>1. Se coloca un poco de agua jabonosa sobre una hoja de plástico y se dispersa con la mano. 2. Con ayuda del popote, se hace una burbuja sobre el agua jabonosa. 3. ¿Qué carga eléctrica tiene la burbuja? <i>negativa. Poco Ho.</i> 4. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p>  <p>5. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? <i>negativa. Poco Ho.</i> 6. Dibuja un modelo que represente al tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p> 	<p>La materia (Paño de lana, Tubo PVC, Laminillas de aluminio) es neutra, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana, Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p> <p>1. Se toman un trozo de tela y un tubo PVC. 2. ¿Qué tipo de carga eléctrica adquiere el tubo PVC? (Dibujar un modelo que represente la respuesta.) 3. ¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? (Dibujar un modelo que represente la respuesta.)</p>  <p>4. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberlos frotado? 5. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberlos frotado?</p> 	<p>Fase 1: propiedades de un material frotado: adquiere electricidad y atrae a otros objetos.</p> <p>Fases 2 y 3: propiedades tanto de objetos electrificados (ganancia de cargas eléctricas negativas), como de los que no lo están (equilibrio de cargas eléctricas).</p>
Relaciones/Reglas de Inferencia	<p>Si <i>se frota</i> la cinta, entonces <i>tiene electricidad y por eso se pega a la pared.</i> (dibuja las tiras separadas y con líneas alrededor de las mismas).</p> <p>Si <i>no se frota</i> la cinta, entonces <i>no tiene electricidad ni fricción.</i> (dibuja las tiras unidas).</p> <p>1. ¿Existe la fricción o fricción en el tubo PVC? No, porque no tiene electricidad ni fricción.</p> <p>2. ¿Existe la fricción o fricción en el tubo PVC? Objeto cuando está frotado.</p>  <p>3. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>La fuerza de atracción.</i></p> <p>4. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>5. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>6. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>7. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>8. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>9. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>10. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>11. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>12. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>13. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>14. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>15. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>16. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>17. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>18. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>19. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>20. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p>	<p>Si se frota algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales distintos (Burbuja-Tubo PVC) poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces <i>el tubo atrae a la burbuja, fuerza de atracción.</i></p> <p>1. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? <i>negativa. Poco Ho.</i> 2. Dibuja un modelo que represente al tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p>  <p>3. Se acerca lentamente el tubo PVC a la burbuja. ¿Qué sucede con la fuerza entre el tubo de PVC y la burbuja? <i>La fuerza de atracción.</i></p> <p>4. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>5. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>6. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>7. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>8. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>9. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>10. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>11. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>12. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>13. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>14. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>15. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>16. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>17. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>18. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>19. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p> <p>20. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y la burbuja? <i>atracción.</i></p>	<p>Si se frota algunos materiales (Tubo PVC, Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales (Laminillas de aluminio) <i>tienen cargas eléctricas negativas</i>, entonces <i>se separan (fuerza negativa-repulsión).</i></p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p> <p>1. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>2. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>3. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>4. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>5. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>6. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>7. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>8. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>9. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>10. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>11. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>12. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>13. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>14. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>15. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>16. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>17. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>18. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>19. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>20. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p>	<p>Fase 1: si se frota el objeto, entonces adquiere electricidad y puede atraerse a otros objetos.</p> <p>Fases 2 y 3: sus explicaciones se centran en un nivel microscópico: si se frota algunos objetos, entonces hay pérdida/ganancia de electrones; si presentan diferentes/iguales tipos de cargas, entonces producen atracción/repulsión de los materiales.</p> <p>Considera que las cargas eléctricas pueden fluir por un material conductor.</p>
Inferencias Generalizadas	<p>No explícita</p>	<p>Si aumenta/disminuye la distancia entre un objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, entonces su fuerza de atracción será <i>menor/mayor.</i></p> <p>Menciona más algo que esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será... <i>menor.</i></p> <p>Menciona más algo que esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será... <i>mayor.</i></p>	<p>Si el tubo se frota con menor/mayor intensidad, entonces <i>carga menos/más.</i></p> <p>1. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>2. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>3. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>4. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>5. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>6. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>7. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>8. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>9. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>10. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>11. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>12. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>13. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>14. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>15. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>16. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>17. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>18. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>19. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p> <p>20. ¿Qué tipo de fuerza se observa entre el tubo PVC y el alambre de cobre? <i>se separan.</i></p>	<p>Fase 1: ninguna.</p> <p>Fase 2: señala que la fuerza de atracción/repulsión entre objetos electrificados es inversamente proporcional a la distancia entre éstos.</p> <p>Fase 3: menciona que la intensidad en cómo se frota el material, adquiere más o menos carga.</p>

Características del Modelo	<p>El modelo carece de las entidades microscópicas (electrones, protones) que le permitan explicar el fenómeno. La electrización y la atracción de los materiales, se limita a una explicación sustentada por lo que perciben sus sentidos, inclusive, ‘aparecen’ entidades que no se clarifican (líneas alrededor del objeto). Este modelo se encuentra en un nivel <i>avanzado</i> dentro de los MEI.</p>	<p>El modelo va acercándose al MCEA: Toma en cuenta entidades microscópicas (partículas subatómicas, cargas eléctricas). Explica los fenómenos electrostáticos: cómo se electriza o no un material, la electrización por frotación y la atracción por diferencia de cargas. Explica que la fuerza de atracción dependerá de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado. Con todo ello, este modelo se encuentra en un nivel <i>avanzado</i>.</p>	<p>Este modelo se aproxima al MCEA: Puede explicar los fenómenos electrostáticos a partir de entidades microscópicas: partículas subatómicas, cargas eléctricas. Explica el equilibrio de cargas en un material, la electrización de éste por frotación, la repulsión por igualdad de cargas y el flujo de ‘energía’ por un material conductor. Aunque este modelo se limita al señalar que el modo de frotar el material influye en la intensidad de la carga que adquiere, se considera como un modelo <i>avanzado</i> dentro de los MCEL.</p>	<p>Fase 1: explica el fenómeno únicamente por lo que perciben sus sentidos. Considera la ‘electricidad’ como una entidad y propiedad -líneas alrededor del objeto electrizado-.</p> <p>Fase 2-sesión 3: incorpora las partículas subatómicas- cargas eléctricas, el equilibrio y transferencia de las mismas; relaciones/reglas de inferencias: electrización de un material por frotación y atracción de materiales por diferencia de cargas; e inferencias generalizadas: la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado.</p> <p>Fase 3: el modelo es muy similar al MCEA.</p>
-----------------------------------	---	--	--	--

La siguiente gráfica (Figura 5.51) muestra la trayectoria de modelado del estudiante número 23 en las tres fases de la SD. Se puede observar que inicia, con un modelo *avanzado*; y se mantiene en este nivel durante las siguientes dos fases, para que al término de la secuencia, tenga un modelo muy cercano al MCEA. Por lo tanto, estos modelos tienen una trayectoria considerada como *estable*.

Figura 5.52

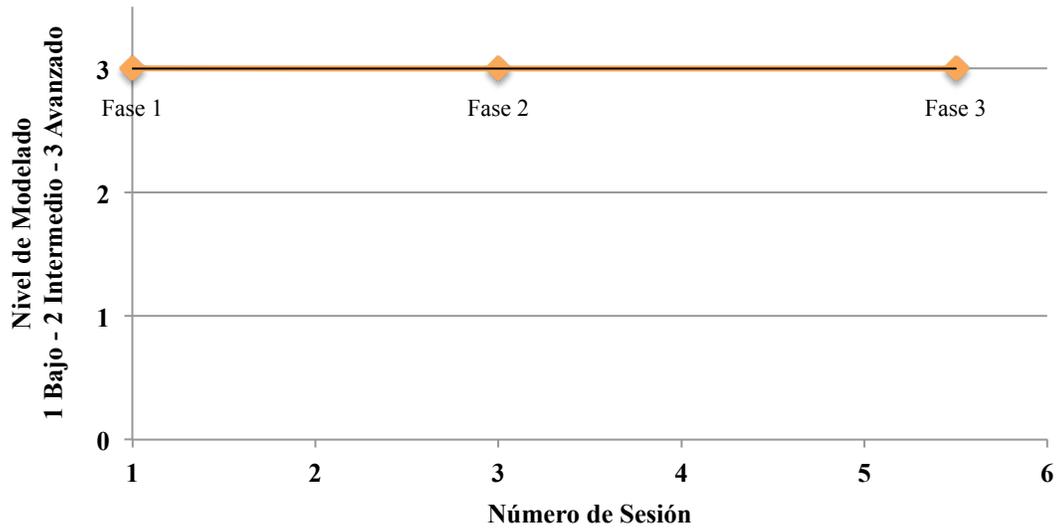


Figura 5.52 Niveles de modelado durante las tres fases de la SD en el estudiante número 23.

5.2.3.6 Síntesis de los Casos Presentados

En la Tabla 5.43 se muestra un resumen de las trayectorias de los modelos de los 5 estudiantes y, de acuerdo a la gráfica que obtuvieron, se exponen como un ejemplo de las categorías asignadas para cada uno de ellos; dichas categorías servirán como un referente para la trayectoria de modelos de los estudiantes restantes (y que se muestran en la Tabla 5.43):

Tabla 5.43

Trayectorias de modelos de los estudiantes número 10, 16, 22, 17 y 23.

		Estudiante				
		10	16	22	17	23
Trayectoria del Modelo		<p>Fase 1: explica el fenómeno por lo que perciben sus sentidos y lo relaciona con los fenómenos magnéticos.</p> <p>Fase 2-sesión 3: incorpora entidades y propiedades: partículas atómicas y cargas eléctricas, equilibrio y transferencia de las mismas; y algunas de las relaciones/reglas de inferencias: electrización de un material por frotación y atracción de materiales por diferencia de cargas; e inferencias generalizadas: la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado.</p> <p>Fase 3: el modelo del estudiante es muy cercano al MCEA.</p>	<p>Fase 1: explica el fenómeno por lo que perciben sus sentidos.</p> <p>Fase 2-sesión 3: incorpora las entidades y propiedades: partículas atómicas y cargas eléctricas, equilibrio y transferencia de las mismas; y algunas de las relaciones/reglas de inferencias: electrización de un material por frotación y atracción de materiales por diferencia de cargas; e inferencias generalizadas: la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado..</p> <p>Fase 3: el modelo que construye se aproxima al MCEA.</p>	<p>Fase 1: explica el fenómeno por lo que perciben sus sentidos. Además, asigna como una entidad a la 'electricidad' y líneas alrededor del material electrizado.</p> <p>Fase 2-sesión 3: incorpora las entidades y propiedades: partículas atómicas y cargas eléctricas, equilibrio y transferencia de las mismas; y algunas de las relaciones/reglas de inferencias: electrización de un material por frotación y atracción de materiales por diferencia de cargas; e inferencias generalizadas: la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado.</p> <p>Fase 3: el modelo construido es muy similar al MCEA.</p>	<p>Fase 1: explica el fenómeno por lo que perciben sus sentidos.</p> <p>Fase 2-sesión 3: incorpora las entidades y propiedades: partículas atómicas y cargas eléctricas, equilibrio y transferencia de las mismas; y algunas de las relaciones/reglas de inferencias: electrización de un material por frotación y atracción de materiales por diferencia de cargas; e inferencias generalizadas: la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado.</p> <p>Fase 3: el modelo es muy similar al MCEA.</p>	<p>Fase 1: explica el fenómeno por lo que perciben sus sentidos. Además, asigna como una entidad a la 'electricidad' y líneas alrededor del material electrizado.</p> <p>Fase 2-sesión 3: incorpora las entidades y propiedades: partículas atómicas y cargas eléctricas, equilibrio y transferencia de las mismas; y algunas de las relaciones/reglas de inferencias: electrización de un material por frotación y atracción de materiales por diferencia de cargas; e inferencias generalizadas: la fuerza de atracción depende de la distancia a la que se encuentre el objeto electrizado.</p> <p>Fase 3: el modelo es muy similar al MCEA.</p>
Categoría		Progresiva	Progresiva	Progresiva	Regresiva-Progresiva	Estable

En la Tabla 5.44 se exponen las trayectorias de modelado de los 37 estudiantes, y las clasifiqué de acuerdo a las categorías de las trayectorias obtenidas en la Tabla 5.43, sin embargo hubo otros sujetos que presentaron una trayectoria y categoría diferente y que, no necesariamente lograron aproximarse al MCEA. Las categorías se describen a continuación:

- a) *Progresiva*: la trayectoria inicia en un nivel de modelado *bajo o intermedio*, en la Fase 2 se mantiene en el nivel o avanza al siguiente, y finalmente alcanza un nivel *avanzado*, es decir, se aproximó al MCEA.
- b) *Estable*: la trayectoria se mantiene en un mismo nivel de modelado, ya sea en el *intermedio o avanzado*.
- c) *Regresiva-Progresiva*: Estos estudiantes iniciaron en la Fase 1 con un nivel de modelado *intermedio o avanzado*; posteriormente en la Fase 2, retroceden al nivel *bajo o intermedio*; finalmente en la Fase 3, alcanzaron un modelo *avanzado*, es decir, se aproximaron al MCEA.
- d) *Progresiva-Regresiva*: Los casos que pertenecen a esta categoría mostraron en un inicio (Fase 1), un modelo *bajo o intermedio*; en la Fase 2, los estudiantes avanzaron uno o dos niveles - *intermedio o avanzado*-, o mantenerse en el mismo que en la Fase 1; pero en la Fase 3, retrocedieron uno o dos niveles, sin lograr aproximarse al MCEA.
- e) *Regresiva*: En los casos presentados (Tabla 5.43), la trayectoria inicia en la Fase 2 con un nivel de modelado *avanzado*, y en la Fase 3 retrocede al nivel *intermedio o bajo*, por lo que no logra aproximarse al MCEA.

Tabla 5.44

Trayectorias de modelado de los 37 estudiantes a partir de las categorías de la Tabla 5.43.

Trayectorias (n=37)					
	Progresiva (n=13)	Estable (n=8)	Regresiva- Progresiva (n=6)	Progresiva- Regresiva (n=7)	Regresiva (n=2)
Estudiante núm.	4	8	3	1	30
	5	20	6	2	33
	9	21	15	7	
	10	24	23	11	
	14	17	25	12	
	16	36	28	13	
	22	34		19	
	26	35			
	27				
	29				
	31				
	32				
	37				

Con base en la Tabla 5.44, la mayoría de los estudiantes tuvo una trayectoria *progresiva*, *regresiva-progresiva*, y algunos con una trayectoria *estable*-; además, lograron la transformación de sus modelos, alcanzando un nivel *avanzado* al finalizar la SD, y en consecuencia, puedo decir que la SD cumplió con el propósito de que los estudiantes se aproximaran lo más posible al referente propuesto -MCEA-.

También, con esta Tabla (5.44) puedo decir que la minoría de los estudiantes tuvieron una trayectoria *progresiva-regresiva* y *estable*; es decir, aunque su aproximación no fue tan cercana al MCEA, sí transformaron su MEI, a un modelo con elementos que, pudieran explicar parcialmente los fenómenos electrostático.

En cuanto a los estudiantes que no transformaron sus modelos -con una trayectoria *progresiva-regresiva* y *regresiva*-, y que estuvieron muy alejados del MCEA, o que las evidencias no permitieron contar con elementos para definir sus modelos, fue una gran minoría.

Aún así, los datos obtenidos muestran, por lo menos, una ligera transformación en el MEI de estos estudiantes, aunque no suficiente para que pudieran explicar, y mucho menos predecir los fenómenos presentados en las sesiones.

5.3 Permanencia de los Modelos. El Modelo Científico Escolar Aplicado

En el Capítulo 2 mencioné que, al igual que en el trabajo de Azaiza, et. al. (2012), quiero dar a conocer qué tanto permanecen los MCEL después de cierto tiempo. A diferencia del trabajo de Azaiza, et. al. (2012), hago un análisis de la trayectoria que tuvieron estos modelos después de dos semanas de haber aplicado la SD -circunstancias ajenas encaminaron la investigación hasta este tiempo-. Considero que este tiempo fue suficiente para la obtención de datos y realizar un análisis de lo que pudo haber quedado en los modelos construidos por los estudiantes.

En esta sesión obtuve su Modelo Científico Escolar Aplicado -MCEAp-, donde les presenté un ‘motor electrostático’, y con un instrumento (Anexo 11) recopilé las evidencias y datos necesarios para conocer qué tan estables fueron los modelos de los 37 estudiantes y principalmente de los 5 estudiantes referidos en la sección anterior de este capítulo.

5.3.1 El MCEL frente al MCEAp por Categorías Analíticas

En este modelo los estudiantes reflejaron lo que permaneció después de dos semanas de haber aplicado la SD (Sesión 6-Fase 4). Les presenté a los estudiantes un dispositivo construido con material casero llamado ‘*motor electrostático*’, para que aplicaran su MCEL y qué tanto se mantuvo este modelo al cabo de este tiempo. Diseñé un instrumento para obtener evidencias de éste modelo (Anexo 11), y obtuve los siguientes datos en comparación con el MCEL (Tabla 5.45):

Tabla 5.45¹³
MCEL vs MCEAp

Modelo Científico Escolar Logrado (MCEL)	n=37 100%		n=37 100%	Modelo Científico Escolar Aplicado (MCEAp)
Electrones Protones	37 100%	Entidades	30 81%	Electrones Protones
			7 19%	Aparece 'algo' en los materiales.
Materiales sin frotar: tienen igual número de protones y electrones	28 76%	Propiedades	23 62%	Material antes de frotarlo... - no está cargado eléctricamente (14) - su 'carga' es neutra (3) - tiene igual número de protones que de electrones (6)
Materiales sin frotar: tienen cargas eléctricas (protones y electrones sin especificar el predominio de alguna)	9 24%		10 27%	Materiales antes de frotar: sólo dibujan un globo y dan otro tipo de respuesta. (No se puede inferir si están cargados los materiales eléctricamente)
			1 3%	Material antes de frotarlo: tiene mayor número de protones que de electrones
			1 3%	Material antes de frotarlo: sin energía
			2 5%	Material antes de frotarlo: tiene mayor número de electrones que de protones
Materiales frotados: ganan/pierden electrones	30 81%	Propiedades	18 49%	Material después de frotarlo... - ganan/pierden electrones - aparecen electrones y adquieren carga negativa (3)
Materiales frotados: tienen igual número de protones y electrones	2 5%		13 35%	Material después de frotarlo: adquieren/ceden protones
			6 16%	Material después de frotarlo: tienen igual número de electrones que de protones
				Materiales frotados: ganan/pierden protones
				2 5%
No explícita	3 8%			

13

Categoría muy cercana a la del MCEA
Categoría cercana a la del MCEA
Categoría alejada a la del MCEA
Categoría muy alejada a la del MCEA

Si se frotran los materiales, entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones	19 51%	Relaciones/ Reglas de Inferencia	35 95%	Si no/si se frotra el material (regla de plástico) entonces no/sí adquiere cargas eléctricas [se electriza] y no/sí atrae a otros objetos.
Si se frotran los materiales, entonces 'se electrizan' con igual número de protones que de electrones	8 22%		1 2%	Si no/si se frotra el material (regla de plástico) entonces no/sí tiene energía y no/sí atrae a otros objetos.
Si se frotran los materiales, entonces 'se electrizan' ganando protones	2 5%		1 2%	Si no/si se frotra el material (regla de plástico) entonces no/sí adquiere carga positiva y no/sí atrae a otros objetos.
No explicita	8 22%			
		Relaciones/ Reglas de Inferencia	18 49%	Si se frotran algunos materiales (pañó de lana-regla de plástico), entonces se electrizan y adquieren/desprenden electrones
			13 35%	Si se frotran algunos materiales (pañó de lana-regla de plástico), entonces se electrizan y adquieren/ceden protones
			5 14%	Si se frotran algunos materiales (pañó de lana-regla de plástico), entonces se electrizan
			1 2%	No explicita
Si dos materiales (laminas de aluminio) tienen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producen fuerzas de repulsión.	17 46%	Relaciones/ Reglas de Inferencia	32 87%	No explicita
Si dos materiales (láminas de aluminio) tienen cargas eléctricas, entonces producen fuerzas de repulsión.	12 32%		5 13%	Si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán fuerzas de repulsión.
No explicita	8 22%			
		Relaciones/ Reglas de Inferencia	34 92%	No explicita
			3 8%	Si dos materiales poseen cargas eléctricas diferentes, entonces producirán fuerzas de atracción.

Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC) se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces las cargas fluyen por dicho conductor	19 51%			
Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces tiene cargas eléctricas	9 24%			
Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) [protones] se acerca a un material conductor (alambre de cobre), entonces tiene cargas eléctricas	2 5%			
No explicita	7 19%			
Si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumentan/disminuyen sus cargas eléctricas	18 49%			
Si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumenta/disminuye su fuerza de repulsión	10 27%			
No explicita	9 24%	Inferencias Generalizadas	19 52%	Si un material se frota rápido y fuerte, entonces aumentan sus cargas eléctricas
			2 5%	Si un material se frota rápido y fuerte, entonces aumentan sus cargas eléctricas y por lo tanto, las fuerzas de atracción o repulsión
			8 22%	Si un material se frota rápido y fuerte, entonces se carga eléctricamente
			4 11%	Si un material se frota rápido y fuerte, entonces tiene más energía
			2 5%	Si un material no/si se frota rápido y fuerte, entonces no/si aumentan sus cargas eléctricas
			2 5%	Si un material se frota despacio y menos fuerte, entonces aumentan sus cargas eléctricas
		Inferencias Generalizadas	16 43%	Si disminuye la distancia entre un material electrizado y otro, entonces aumenta la fuerza de atracción/repulsión

		14 38%	Si disminuye la distancia entre un material electrizado y otro, entonces adquieren/fluyen las cargas eléctricas al otro material
		2 5%	Si disminuye/aumenta la distancia entre un material electrizado y otro, entonces aumentan/disminuyen las fuerzas de atracción/repulsión
		3 8%	Si aumenta la distancia entre un material electrizado y otro, entonces disminuyen las fuerzas de atracción/repulsión
		1 3%	Si disminuye la distancia entre un material electrizado y otro, entonces tiene energía
		1 3%	No explicita

El dispositivo utilizado para recuperar los MCEAp -‘motor electrostático’-, no resultó tan efectivo para que los estudiantes lograran observar cada una de las categorías que se mantenían en el MCEL, principalmente algunas relaciones/reglas de inferencias e inferencias generalizadas, que más adelante daré a conocer.

En la siguiente tabla presento un análisis de los constituyentes de los MCEL de los 37 estudiantes, para conocer los elementos que permanecen en sus modelos y cuáles no.

5.3.1.1 Entidades en el MCEAp

Tabla 5.46
Entidades del MCEL vs MCEAp

Modelo Científico Escolar Logrado (MCEL)	n=37 100%		n=37 100%	Modelo Científico Escolar Aplicado (MCEAp)
Electrones Protones	37 100%	VS	30 81%	Electrones Protones
			7 19%	Aparece ‘algo’ en los materiales.

La gran mayoría de los estudiantes (30/37) representó un globo y una regla de plástico que son frotados contra un paño de laña, pueden cargarse eléctricamente. Otros estudiantes también señalaron que había un aumento de cargas eléctricas negativas en el material (Figura 5.53 y 5.54):

Figura 5.53

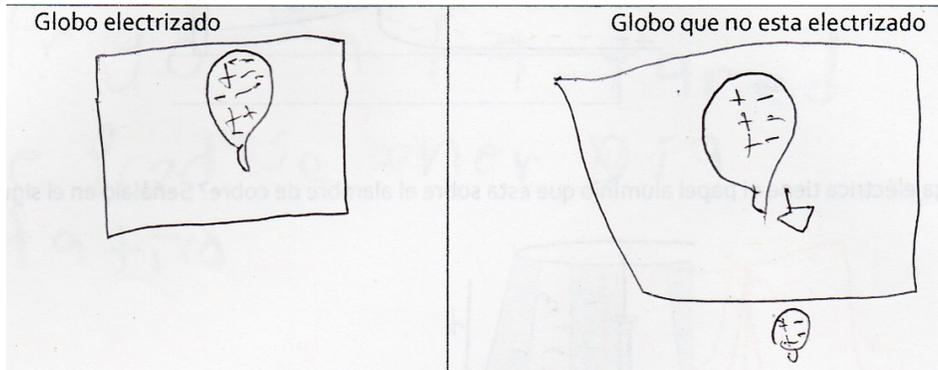


Figura 5.54

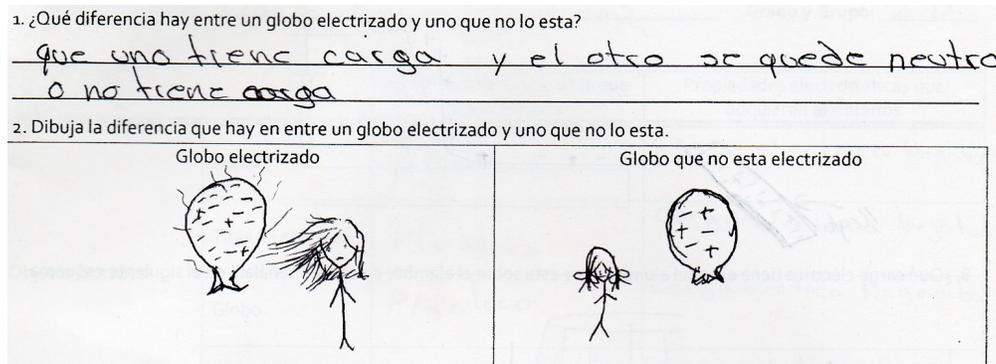


Figura 5.53 y 5.54 Los estudiantes número 26 y 30, respectivamente, explican la diferencia entre un globo electrizado y otro que no lo esta.

También los estudiantes hicieron referencia a que un globo que no está electrizado tienen igual número de cargas eléctricas positivas que de negativas. Aquí lo importante es que los estudiantes señalan, en ambos casos, que las cargas eléctricas son las entidades principales para que se presenten los fenómenos electrostáticos. Otros estudiantes, por ejemplo, hacen alusión a la

‘aparición’ de cargas eléctricas en el material (Figura 5.55 y 5.56), que finalmente, aluden a estas entidades como las responsables del fenómeno presentado:

Figura 5.55

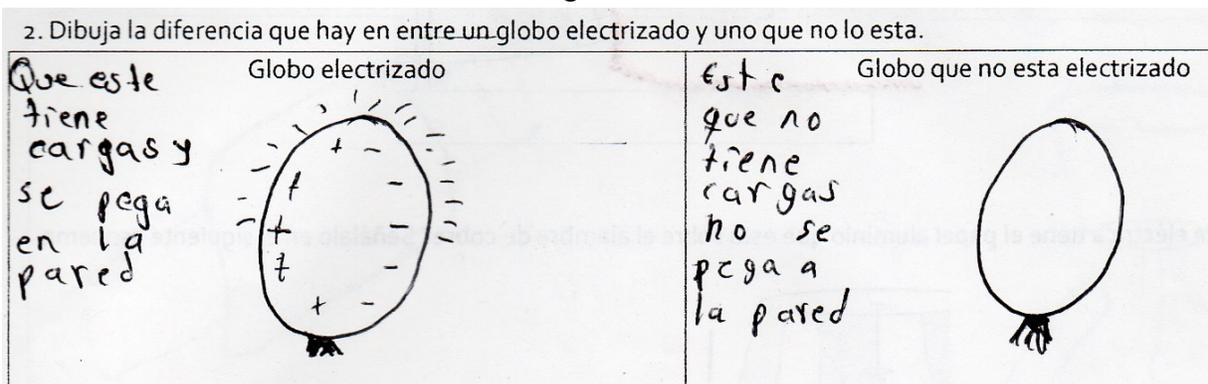


Figura 5.56

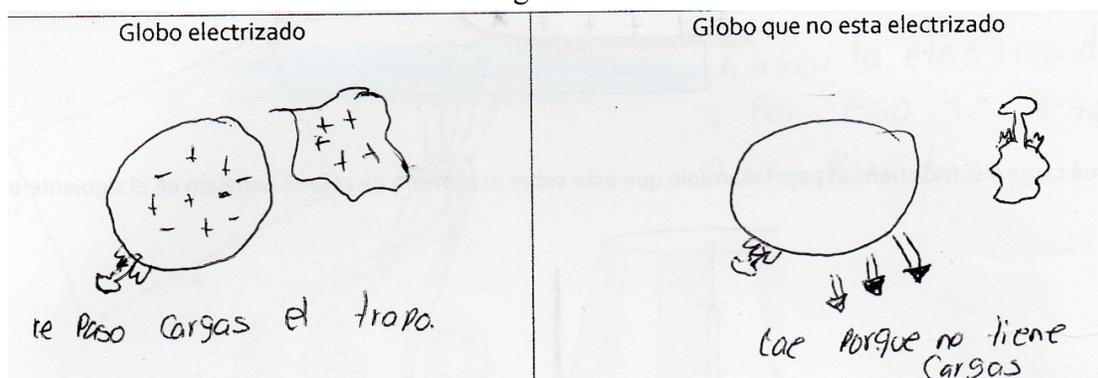


Figura 5.55 y 5.56. Los estudiantes 5 y 23 respectivamente, dibujan el caso de un globo electrizado y cuando no lo está.

En estos ejemplos, los estudiantes representan un globo que no esta electrizado ‘no tiene cargas’ eléctricas, por lo que no tomaron en cuenta que sí tienen cargas eléctricas pero equilibradas. Cuando dibujan el globo electrizado, le atribuyen cargas eléctricas como si ‘aparecieran’ al frotarlo con el paño de lana o el mismo paño le transfiere cargas.

También, en este MCEAp, una gran minoría (7/37) representaron como entidades unas ‘líneas’ que ‘aparecían’ alrededor del material, atribuyendo a éstas como ‘electricidad’ que

adquiriría el globo después de frotarlo con el paño de lana (Figura 5.57 y 5.58), lo que podría decirse que en estos estudiantes no se mantuvo el MCEL, recurriendo a lo que mencionaron en el MEI:

Figura 5.57

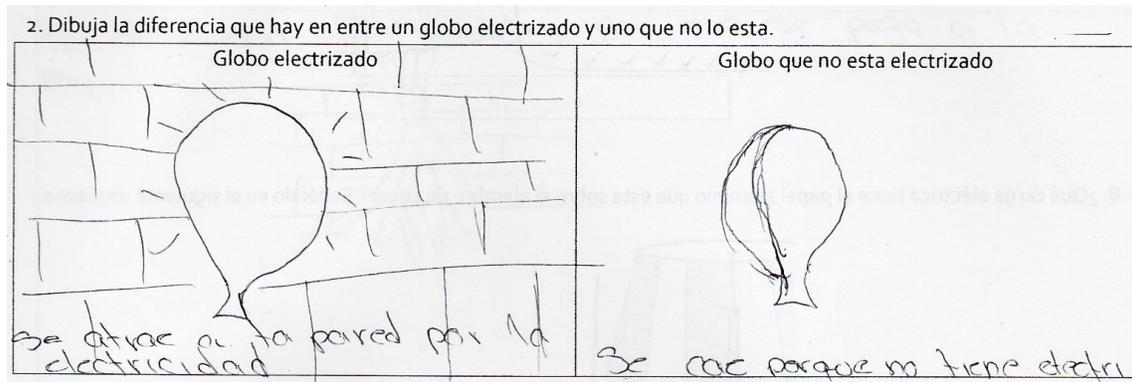


Figura 5.58

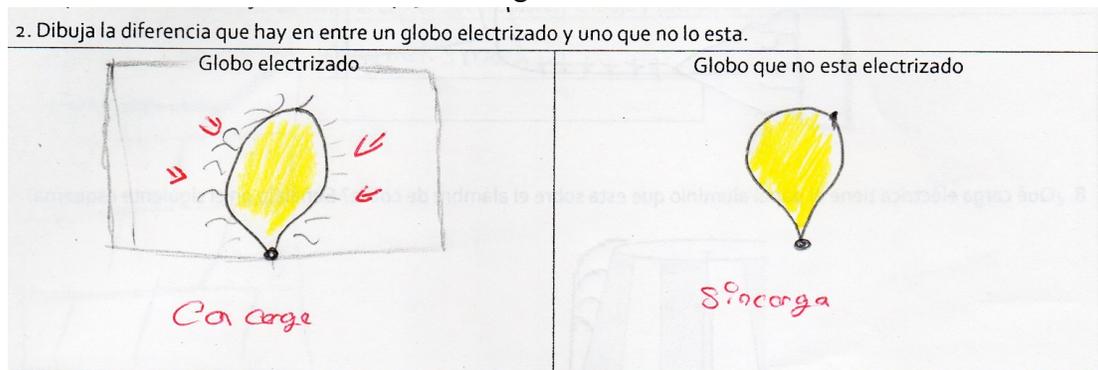


Figura 5.57 y 5.58. Los estudiantes número 6 y 19 atribuyen como entidades a líneas que aparecen alrededor de un globo electrizado.

5.3.1.2 Propiedades en el MCEAp

Tabla 5.47

Propiedades del MCEL vs MCEAp.

Modelo Científico Escolar Logrado (MCEL)	n=37 100%		n=37 100%	Modelo Científico Escolar Aplicado (MCEAp)
Materiales sin frotar: tienen igual número de protones y electrones	28 76%	vs	23 62%	Material antes de frotarlo... - no está cargado eléctricamente (14) - su carga es neutra (3) - tiene igual número de protones que de electrones (6)
Materiales sin frotar: tienen cargas eléctricas (protones y electrones sin especificar el predominio de alguna)	9 24%		10 27%	Materiales antes de frotar: sólo dibujan un globo y dan otro tipo de respuesta. (No se puede inferir si están cargados los materiales eléctricamente)
			1 3%	Material antes de frotarlo: tiene mayor número de protones que de electrones
			1 3%	Material antes de frotarlo: sin energía
Materiales frotados: ganan/pierden electrones	30 81%	2 5%	Material antes de frotarlo: tiene mayor número de electrones que de protones	
		18 49%	Material después de frotarlo... - ganan/pierden electrones - aparecen electrones y adquieren carga negativa (3)	
			13 35%	Material después de frotarlo: adquieren/ceden protones
Materiales frotados: tienen igual número de protones y electrones	2 5%	vs	6 16%	Material después de frotarlo: tienen igual número de electrones que de protones
Materiales frotados: ganan/pierden protones	2 5%			
No explicita	3 8%			

En las Figuras 5.53 y 5.54, la mayoría de los estudiantes (23/62) representaron un material que no está electrizado tiene igual número de cargas negativas -electrones- que de positivas -protones-. Un número menor de estudiantes (10/37) sólo realizó un dibujo del globo sin explicación alguna, por lo que podría inferir que para ellos en el globo no está sucediendo

algún cambio, y que no consideran las cargas eléctricas presentes en un cuerpo (Figura 5.59 y 5.60):

Figura 5.59

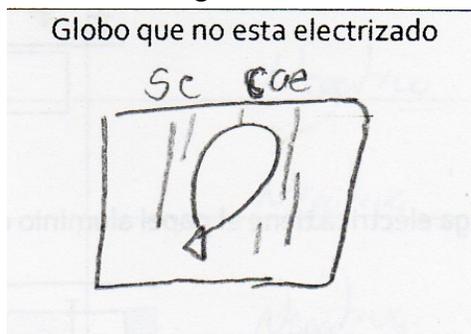


Figura 5.60

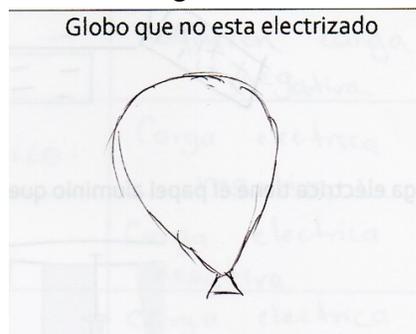


Figura 5.59 y 5.60. Los estudiantes número 33 y 34 representan un globo que no se ha frotado -electrizado-.

En estos casos, no se mantuvo el MCEL, al no tomar en cuenta la presencia de cargas eléctricas en el globo cuando no fue frotado por el paño de lana. Aunque para ellos sí están presentes cuando el globo es electrizado -más adelante mostraré algunos ejemplos-. Una gran minoría (8%) representan un globo que no está electrizado al presentar cierto tipo de cargas eléctricas (Figuras 5.61 y 5.62), por lo que en estos estudiantes no se mantuvo el MCEL.

Figura 5.61



Figura 5.61. El estudiante número 21 representa un globo que no ha sido frotado y escribe 'sin carga eléctrica'. Puedo inferir que el '-' indica 'quitar/restar' cargas eléctricas.

Figura 5.62

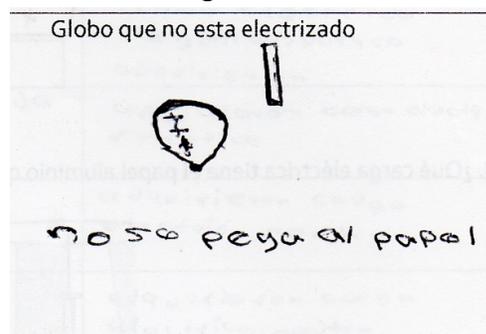


Figura 5.62. El estudiante número 29 representa un globo que no ha sido frotado, indica solamente la presencia de cargas eléctricas positivas y escribe 'no se pega al papel', para enfatizar que con esas cargas eléctricas no tiene la propiedad de atracción.

Para tener más evidencias de las propiedades, se les mostró a los estudiantes una regla de plástico que se frotaba contra un paño de lana y se les cuestionó sobre esta situación. La mitad de los estudiantes (18/37) mencionaron que el paño de lana transfiere cargas eléctricas negativas - electrones- a la regla (Figura 5.63), quedando el paño de lana con un exceso de cargas eléctricas positivas y la regla con un exceso de cargas eléctricas negativas:

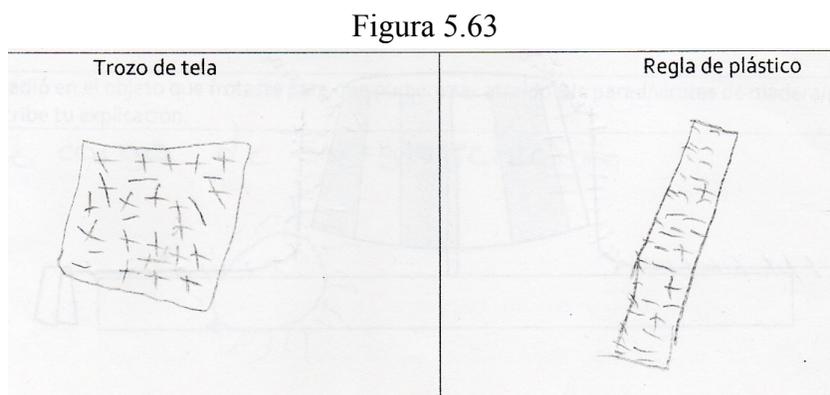


Figura 5.63. El estudiantes número 22 representa lo que sucede en una regla de plástico después de que fuera frotado por el paño de lana.

Otra minoría (13/37) representó que son cargas eléctricas positivas -protones- las que se transfieren del paño de lana a la regla de plástico (Figura 5.64). En estos casos, el MCEL no se mantuvo, quizá por considerar que el '+' genera/aumenta la electrización del material. Ésta misma situación se verá reflejada en las explicaciones que dan los estudiantes en las relaciones/reglas de inferencia.

Figura 5.64

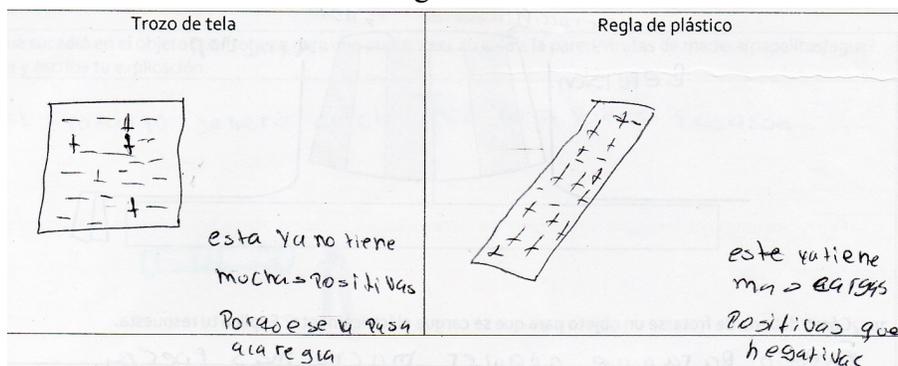


Figura 5.64. El estudiante número 11 representa las propiedades que adquiere el paño de lana después de frotarlo con la regla de plástico.

En este mismo caso, 6 de 37 estudiantes hacen referencia a que, después de frotar la regla contra el paño de lana, ambos materiales tienen la misma cantidad de cargas eléctricas positivas que de negativas (Figura 5.65). Puedo inferir que, para estos estudiantes, el simple hecho de frotar los materiales, presentan/‘aparecen’ cargas eléctricas positivas y negativas -protones y electrones-, y por lo tanto quedar electrizados:

Figura 5.65

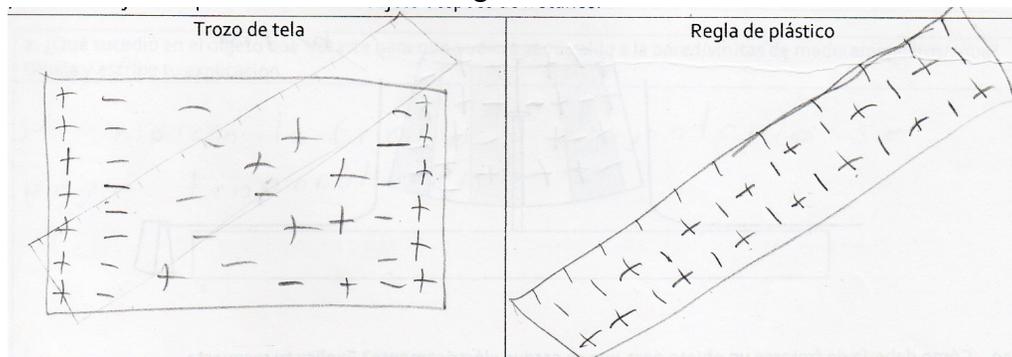


Figura 5.65. El estudiante número 20, representa las propiedades del paño de lana y la regla de plástico después de haberse frotado entre ambos.

5.3.1.3 Relaciones/Reglas de Inferencia en el MCEAp

Tabla 5.48

Relaciones/reglas de inferencia del MCEL vs MCEAp

Modelo Científico Escolar Logrado (MCEL)	n=37 100%	vs	n=37 100%	Modelo Científico Escolar Aplicado (MCEAp)
Si se frotran los materiales, entonces 'se electrizan' con igual número de protones que de electrones	8 22%	vs	1 2%	Si no/si se frota el material (regla de plástico) entonces no/sí tiene energía y no/sí atrae a otros objetos.
Si se frotran los materiales, entonces 'se electrizan' ganando protones	2 5%		1 2%	Si no/si se frota el material (regla de plástico) entonces no/sí adquiere carga positiva y no/sí atrae a otros objetos.
No explicita	8 22%			
			18 49%	Si se frotran algunos materiales (pañó de lana-regla de plástico), entonces se electrizan y adquieren/desprenden electrones
			13 35%	Si se frotran algunos materiales (pañó de lana-regla de plástico), entonces se electrizan y adquieren/ceden protones
			5 14%	Si se frotran algunos materiales (pañó de lana-regla de plástico), entonces se electrizan
			1 2%	No explicita
Si dos materiales (laminas de aluminio) tienen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producen fuerzas de repulsión.	17 46%	vs	32 87%	No explicita
Si dos materiales (láminas de aluminio) tienen cargas eléctricas, entonces producen fuerzas de repulsión.	12 32%		5 13%	Si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán fuerzas de repulsión
No explicita	8 22%			
		vs	34 92%	No explicita
			3 8%	Si dos materiales poseen cargas eléctricas diferentes, entonces producirán fuerzas de atracción

Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC) se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces las cargas fluyen por dicho conductor	19 51%	vs	37 100%	Si un material cargado eléctricamente se acerca a un material conductor (alambre de cobre) entonces, las cargas fluyen por dicho conductor
Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces tiene cargas eléctricas	9 24%			
Si un material cargado eléctricamente (tubo PVC) [protones] se acerca a un material conductor (alambre de cobre), entonces tiene cargas eléctricas	2 5%			
No explicita	7 19%			

La gran mayoría de los estudiantes (35/37) explicó que un paño de lana y una regla de plástico se electrizan al frotarse, al ‘aparecer’ cargas eléctricas o al aumentar éstas. (Figuras 5.66-5.69 y 5.70-5.73).

Unos 18/37 estudiantes señalaron que después de frotar los materiales, el paño de lana transfiere cargas negativas -electrones- a la regla de plástico y así, queda electrizada. Aunque 13 de los 37 estudiantes representaron una transferencia de cargas positivas -protones-. De aquí, lo que mencionado en apartados anteriores: en estos estudiantes no se mantuvo el MCEL ya que pudieron haber confundido los tipos de cargas eléctricas, al señalar que las cargas positivas (‘+’) ‘aumentan/generan’ electricidad en el material (Figuras 5.66 y 5.67):

Figura 5.66

3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela.
¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado?
la regla se carga eléctricamente al frotarla con el trozo de tela

4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.

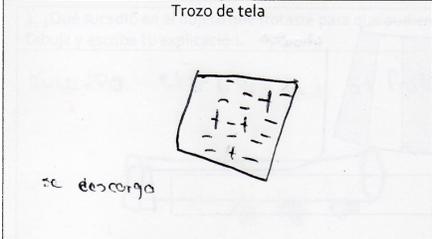
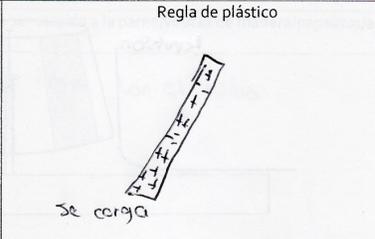
Trozo de tela	Regla de plástico
	

Figura 5.66. El estudiante número 17 explica lo que sucede cuando el paño de lana se frota con la regla de plástico.

Figura 5.66

3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela.
¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado?
las cargas de cada uno de la regla este electrizado y los papeletas se pegan

4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.

Trozo de tela	Regla de plástico
	

Figura 5.67. El estudiante número 2 representa lo que sucede al frotar el paño de lana con la regla de plástico.

Finalmente, una gran minoría de los estudiantes (5/37) representó, después de frotar los materiales estos se electrizan, pero no especifican si hubo transferencia de cargas eléctricas (Figura 5.68). Uno de los estudiantes no explicitó lo que sucedió entre estos materiales frotados, pues el estudiante recurrió a representar su modelo como en la Fase 1-Sesión 1 (Figura 5.69).

Figura 5.68

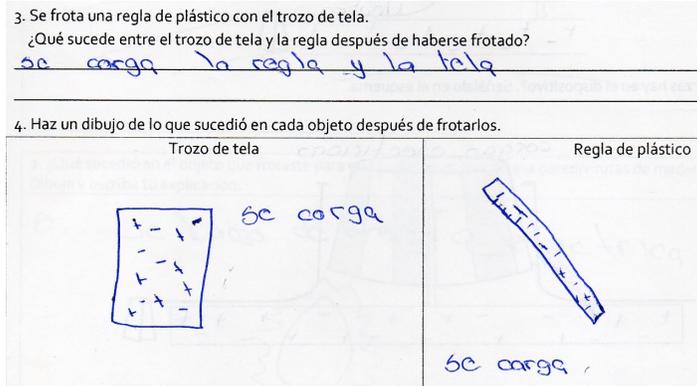


Figura 5.68. El estudiante número 28, explica que, después de frotar el paño de lana con la regla, éstos ‘se cargan’.

Figura 5.69

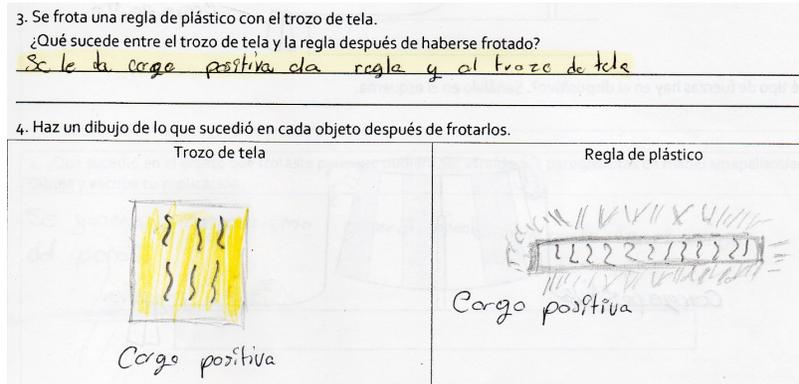
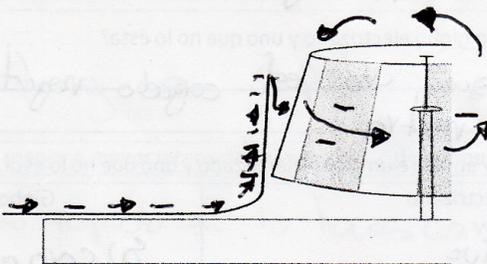


Figura 5.69. El estudiante número 19, explica que el paño de lana, al frotarlo con la regla, ambos tendrán ‘carga positiva’, pero en sus dibujos hay líneas que no especifican lo que escribe.

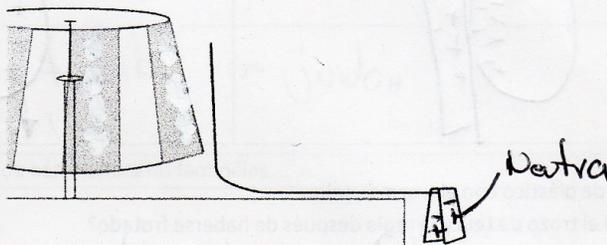
Posterior a esta actividad, se les presentó a los estudiantes un dispositivo llamado ‘motor electrostático’, ya que con las cargas eléctricas que pasan por un alambre de cobre genera el movimiento -giro- de un vaso con papel aluminio. Se les cuestionó a los estudiantes acerca de las fuerzas de atracción y repulsión que se presentaban en el dispositivo. Solamente, 5 de 37 estudiantes lograron identificar, con dificultad, las fuerzas de repulsión (Figura 5.70 y 5.71):

Figura 5.70

7. En el siguiente esquema señala el comportamiento de las cargas eléctricas al acercar el objeto electrizado.



8. ¿Qué carga eléctrica tiene el papel aluminio que esta sobre el alambre de cobre? Señálalo en el siguiente esquema.



9. ¿Qué tipo de fuerzas hay en el dispositivo?. Señálalo en el esquema.

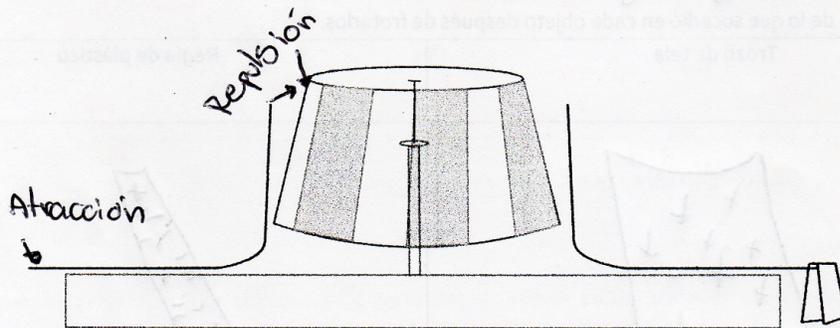
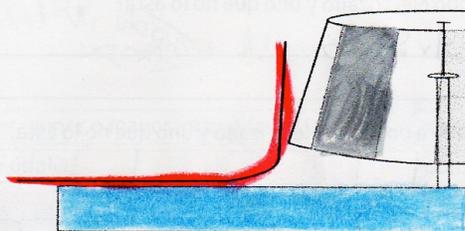


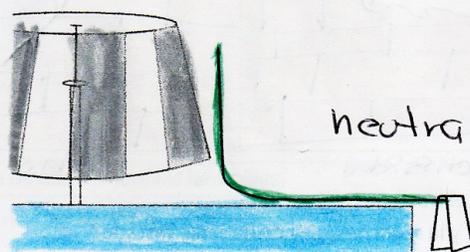
Figura 5.70. El estudiante número 10 explica en los esquemas cómo actúan las fuerzas de repulsión entre las cargas negativas que adquieren el alambre de cobre y del papel aluminio.

Figura 5.71

7. En el siguiente esquema señala el comportamiento de las cargas eléctricas al acercar el objeto electrizado.



8. ¿Qué carga eléctrica tiene el papel aluminio que esta sobre el alambre de cobre? Señálalo en el siguiente esquema.



9. ¿Qué tipo de fuerzas hay en el dispositivo?. Señálalo en el esquema.

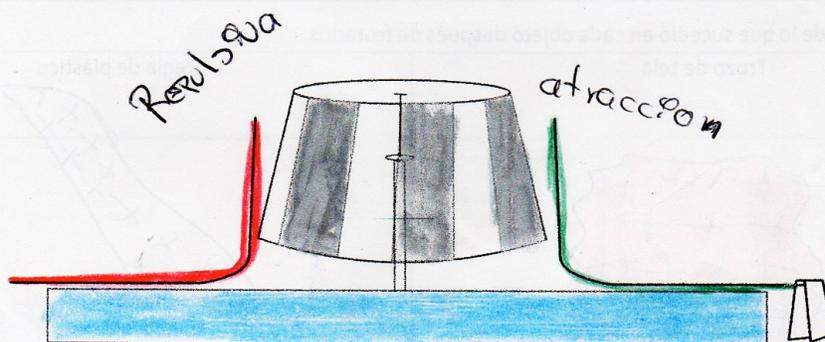
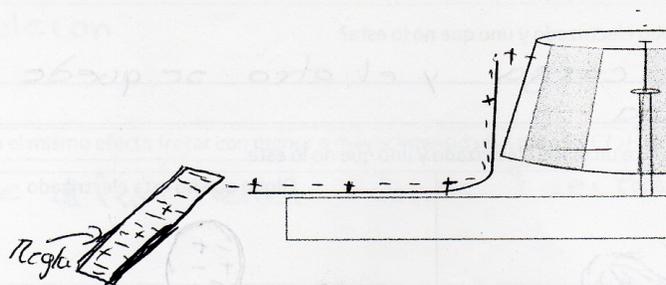


Figura 5.71. En la explicación que da el estudiante número 8, se infiere que el color rojo que señala en el alambre de cobre de la izquierda tiene cargas eléctricas negativas, aunque no lo señala con el signo correspondiente ($-$), escribe además ‘Repulsiva’, para indicar el tipo de fuerzas que hay entre el alambre y el papel aluminio del vaso.

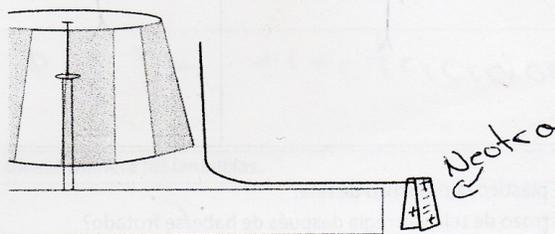
Del mismo modo, sólo 3 de 37 estudiantes identificaron, también con mucha dificultad, las fuerzas de atracción entre el alambre de cobre -cargas eléctricas negativas- y el papel aluminio -carga neutra, positivas y negativas- (Figuras 5.72 y 5.73) y el 92% de los estudiantes no explicita las fuerzas de atracción en el dispositivo:

Figura 5.72

7. En el siguiente esquema señala el comportamiento de las cargas eléctricas al acercar el objeto electrizado.



8. ¿Qué carga eléctrica tiene el papel aluminio que esta sobre el alambre de cobre? Señálalo en el siguiente esquema.



9. ¿Qué tipo de fuerzas hay en el dispositivo?. Señálalo en el esquema.

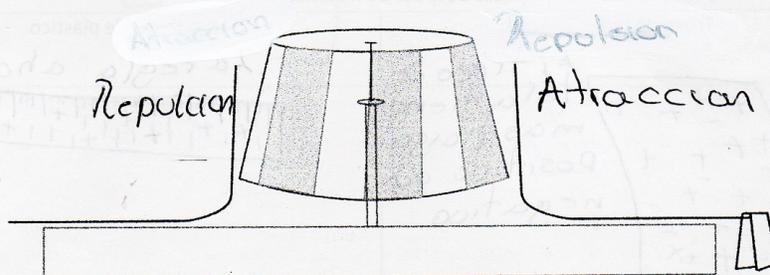
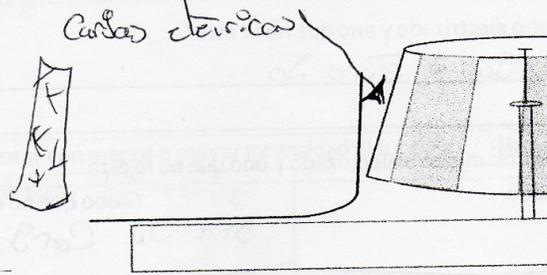


Figura 5.72. El estudiante número 30 explica en dónde se producen fuerzas de atracción en el dispositivo ‘motor electrostático’.

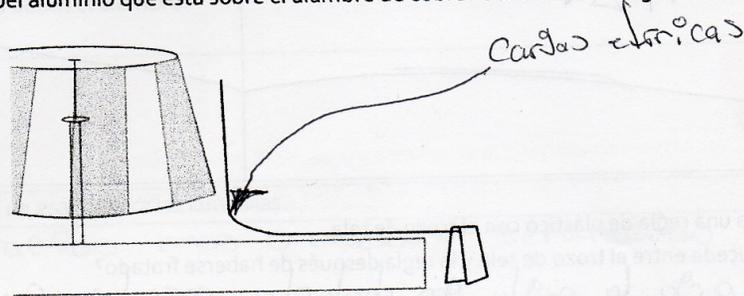
Puedo decir que el dispositivo dificultó la evidencia de las fuerzas de atracción y repulsión, pues en el desarrollo de la SD, se presentaron fenómenos, en donde las fuerzas de repulsión se observaron cuando ciertos materiales electrizados se ‘separaban’, y cuando éstos se ‘juntaban’, se presentaban las fuerzas de atracción. Con ello, se hacía evidente y la fácil identificación de las fuerzas electrostáticas. Con el motor electrostático no se observó esa la atracción o repulsión de los materiales; más bien, las fuerzas de atracción y repulsión provocaban que el vaso pudiera girar (Figura 5.73):

Figura 5.73

7. En el siguiente esquema señala el comportamiento de las cargas eléctricas al acercar el objeto electrizado.



8. ¿Qué carga eléctrica tiene el papel aluminio que esta sobre el alambre de cobre? Señálalo en el siguiente esquema.



9. ¿Qué tipo de fuerzas hay en el dispositivo? Señálalo en el esquema.

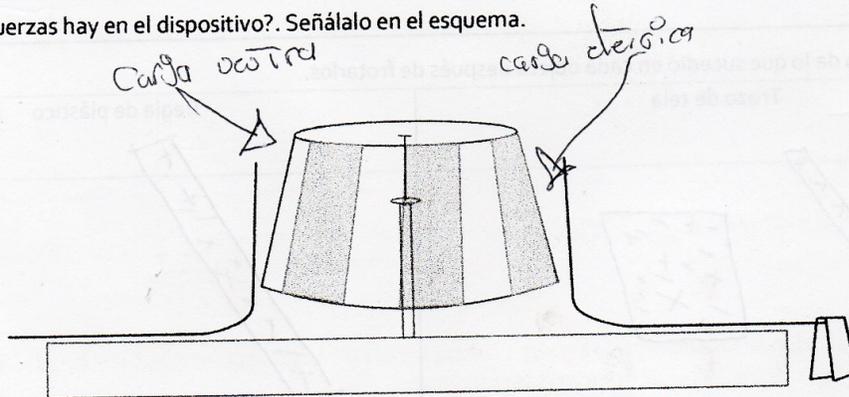


Figura 5.73. El estudiante número 32 no explicita en dónde y cómo se presentan las fuerzas de atracción o repulsión en el ‘motor electrostático’.

Los 37 estudiantes señalaron que las cargas eléctricas pueden fluir por un material conductor. En este caso, se electrizó la regla de plástico, frotándola con el paño de lana, y se acercó al alambre de cobre. Ellos observaron que el vaso con papel aluminio comenzaba a girar enseguida de que se acercaba la regla electrizada al alambre de cobre (Figuras 5.74 y 5.75):

Figura 5.74

5. Se muestra un dispositivo formado por una base de unisel, alambre de cobre, vaso de plástico y papel aluminio.
Se electriza un objeto y se acerca al alambre de cobre. ¿Qué sucedió?

el vaso se mueve y da vueltas

6. ¿Qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el objeto electrizado cuando se acerca al alambre?

el alambre recibe los carga eléctricos hasta llegar al vaso y moverlo

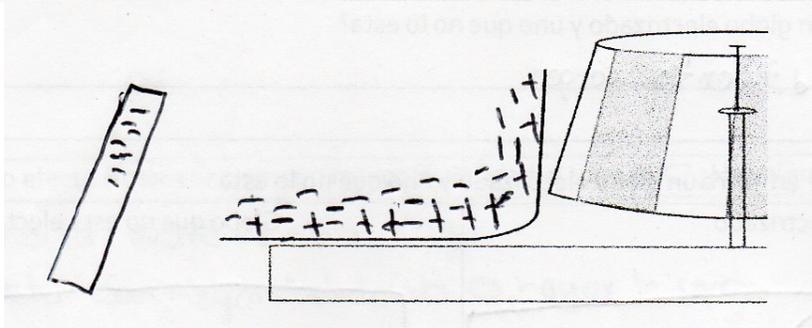


Figura 5.74. El estudiante número 17 explica que la regla de plástico electrizada se acerca al alambre de cobre, las cargas fluyen por el mismo.

Figura 5.75

5. Se muestra un dispositivo formado por una base de unisel, alambre de cobre, vaso de plástico y papel aluminio.
Se electriza un objeto y se acerca al alambre de cobre. ¿Qué sucedió?

El vaso se mueve y gira

6. ¿Qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el objeto electrizado cuando se acerca al alambre?

avansan por el alambre hasta llegar al vaso

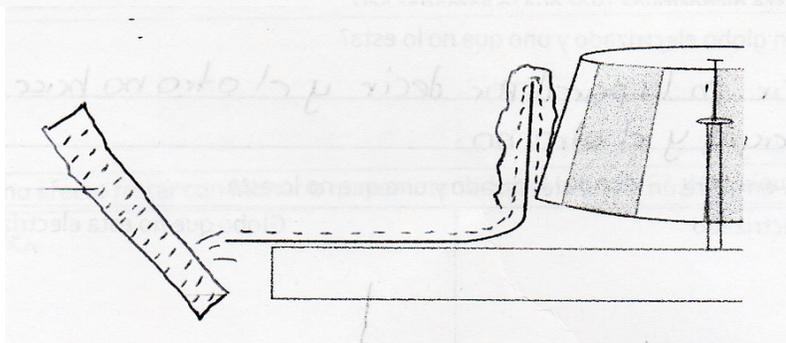


Figura 5.75. El estudiante número 7 explica lo que sucede al acercar la regla electrizada al alambre de cobre.

5.3.1.4 Inferencias Generalizadas en el MEAp

Tabla 5.49

Inferencias generalizadas del MCEL vs MCEAp

Modelo Científico Escolar Logrado (MCEL)	n=37 100%		n=37 100%	Modelo Científico Escolar Aplicado (MCEAp)
Si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumentan/disminuyen sus cargas eléctricas	18 49%		19 52%	Si un material se frota rápido y fuerte, entonces aumentan sus cargas eléctricas
Si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumenta/disminuye su fuerza de repulsión	10 27%			
No explicita	9 24%	vs	2 5%	Si un material se frota rápido y fuerte, entonces aumentan sus cargas eléctricas y por lo tanto, las fuerzas de atracción o repulsión
			8 22%	Si un material se frota rápido y fuerte, entonces se carga eléctricamente
			4 11%	Si un material se frota rápido y fuerte, entonces tiene más energía
			2 5%	Si un material no/si se frota rápido y fuerte, entonces no/si aumentan sus cargas eléctricas
			2 5%	Si un material se frota despacio y menos fuerte, entonces aumentan sus cargas eléctricas
		vs	16 43%	Si disminuye la distancia entre un material electrizado y otro, entonces aumenta la fuerza de atracción/repulsión
			14 38%	Si disminuye la distancia entre un material electrizado y otro, entonces adquieren/fluyen las cargas eléctricas al otro material
			2 5%	Si disminuye/aumenta la distancia entre un material electrizado y otro, entonces aumentan/disminuyen las fuerzas de atracción/repulsión
			3 8%	Si aumenta la distancia entre un material electrizado y otro, entonces disminuyen las fuerzas de atracción/repulsión
			1 3%	Si disminuye la distancia entre un material electrizado y otro, entonces tiene energía
			1 3%	No explicita

La mayoría de los estudiantes (19/37) explicaron que, mientras más fuerte y rápido se frote el material para electrizarlo, en éste aumentarán sus cargas eléctricas (Figuras 5.76 y 5.77):

Figura 5.76

10. ¿Cómo debería de frotarse un objeto para que se cargue eléctricamente? Explica tu respuesta.

Rápido y fuerte, para que pueda cargarse en sus cargas

Figura 5.77

10. ¿Cómo debería de frotarse un objeto para que se cargue eléctricamente? Explica tu respuesta.

Rápido, fuerte para obtener más carga

Figura 5.76 y 5.77. Los estudiantes número 9 y 13 respectivamente, explican cómo podría frotarse un material para quedar electrizado.

En este caso, el MCEL de casi la mitad del grupo (18/37), no se mantiene en esta 4ª Fase, pues se alejó de éste modelo y del MCEA. Se puede observar por ejemplo, que el 27% de los estudiantes que en el MCEL mencionó ‘si el material (tubo PVC) se frota con mayor/menor intensidad, entonces aumenta/disminuye su fuerza de repulsión’, sólo un 5% se mantiene en el MCEL, al explicar que ‘si un material se frota rápido y fuerte, entonces aumentan sus cargas eléctricas y por lo tanto, las fuerzas de atracción o repulsión’ (Figura 5.78).

Figura 5.78

10. ¿Cómo debería de frotarse un objeto para que se cargue eléctricamente? Explica tu respuesta.

rápidamente y con fuerza para que se cargue no rápidamente y tendría más carga

Figura 5.78. El estudiante número 17 explica cómo debe frotarse un material para electrizarlo y qué efecto se produciría en éste.

Finalmente, la gran mayoría de los estudiantes (16/37 y 14/37), logró explicar los efectos que produciría la distancia entre un cuerpo electrizado y otro material -ya sea electrizado o no-; por lo que podría decir que se acercaron al MCEA. En este caso, no puedo dar una comparación entre el MCEL y el MCEAp porque en la Fase 5b, faltó un rubro para conocer las explicaciones de los estudiantes. Es así como 16/37 estudiantes explicaron que al disminuir la distancia entre un material electrizado y otro, aumentarán las fuerzas de atracción o repulsión (Figura 5.79 y 5.80). Y 14/37 estudiantes explicaron que las cargas eléctricas podrían ‘fluir’ por el otro material (Figura 5.81 y 5.82). Esto último, pudo ser muy evidente para los estudiantes al observar el ‘electroscopio’, utilizado en la sesión 5b y, en el ‘motor electrostático’ utilizado en esta última sesión.

Figura 5.79

11. ¿Cuál debería de ser la distancia entre un objeto electrizado para que pueda atraer o repeler a otro? ¿Por qué?

Cerca por que si se pone muy lejos no le llegan las cargas y por lo tanto no puede atraerlo o repelerlo.

Figura 5.80

11. ¿Cuál debería de ser la distancia entre un objeto electrizado para que pueda atraer o repeler a otro? ¿Por qué?

Cerca, para que se atraigan más rápido.

Figura 5.79 y 5.80. Los estudiantes número 7 y 34 respectivamente, explican los efectos que traería la manera de acercar un material electrizado a otro, que pudiera estar o no electrizado.

Figura 5.81

11. ¿Cuál debería de ser la distancia entre un objeto electrizado para que pueda atraer o repeler a otro? ¿Por qué?

Cerca, porque lo atrae más rápido o le pasa más rápido las cargas.

Figura 5.82

11. ¿Cuál debería de ser la distancia entre un objeto electrizado para que pueda atraer o repeler a otro? ¿Por qué?

Cerca para que las cargas puedan atraer
de el.

Figura 5.81 y 5.82. Los estudiantes número 23 y 29 respectivamente, explican los hechos al acercar, de cierta manera, un material electrizado a otro. En estos casos, se infiere que hacen referencia a lo que observaron en esta sesión con el ‘motor electrostático’.

5.3.1.5 En Síntesis

Como se pudo observar, gran parte del MCEL se mantuvo en la mayoría de los estudiantes después de dos semanas. Considero que, aunque algunos estudiantes retomaron su MEI -al representar con líneas la electrización de un globo-, después fueron capaces de representar entidades microscópicas, recurriendo a su MCEL.

El dispositivo utilizado para esta sesión (‘motor electrostático’) no fue adecuado para que los estudiantes tuvieran mayor claridad en el fenómeno, por ejemplo, en las fuerzas de atracción y repulsión. En este caso, sugiero utilizar un dispositivo o situación en la que dichas fuerzas sean más evidentes para ellos, pues esperaban observar alguna ‘separación’ o ‘atracción’ entre dos objetos, y en el ‘motor electrostático’ no se percibía tal cual, sino en cómo giraba un vaso con papel aluminio, lo que podría ‘desviar’ un poco su explicación. Considero que fue valioso reportar el modelo de 5 estudiantes que lograron mantener un modelo muy completo y al mismo tiempo cercano al MCEA, lo que me lleva a concluir que podría funcionar este dispositivo - ‘motor electrostático- como situación experimental en algunos otros grupos de estudiantes.

5.3.2 Niveles de Modelado Individual en el MCEAp

Al igual que en apartado 5.2 de este Capítulo, clasifiqué los MCEAp de cada estudiante en los tres niveles de modelado: *Bajos*, *Intermedios* y *Avanzados*. Con ello, podremos tener una idea del nivel de modelado que lograron mantener los estudiantes. De acuerdo a los resultados que obtuve al final de la SD, la gran mayoría de los estudiantes logró un nivel de modelado *intermedio* y *avanzado*, ahora después de dos semanas, ¿qué niveles permanecen?. A continuación muestro los resultados (Tablas 5.51 y siguientes).

5.3.2.1 Modelos Bajos en la Fase 4-Sesión 6

Tabla 5.50
Modelos Bajos en la Fase 4-Sesión 6

	Estudiantes con Modelos <i>Bajos</i>							
	1	8	13	18	19	20	28	34
Entidades	Aparece ‘algo’ alrededor del objeto frotado (Dibuja líneas al rededor). <i>Cargas eléctricas.</i>							
Propiedades	Los objetos frotados <i>tienen carga/electricidad.</i> Los objetos que no son frotados <i>no tienen carga/electricidad.</i> Algunos objetos pueden <i>pasar cargas</i> a otro para que tenga carga/electricidad.							
Relaciones/ Reglas de inferencia	Si se frotran los objetos, entonces se electrizan <i>pasándole cargas.</i> Si un objeto <i>tiene cargas</i> , entonces producirá <i>atracción.</i> Si un material con cargas se pone en contacto con un alambre de cobre, entonces <i>las cargas se pasan al alambre.</i>							
Inferencias Generalizadas	Si el objeto se frota <i>fuerte y rápido</i> , entonces <i>le pasa cargas al otro objeto/tendrá más carga.</i> Si el objeto electrizado se coloca <i>cerca</i> de otro, entonces se <i>atraerá más rápido.</i>							

Los modelos de estos 8 estudiantes (Tabla 5.50) los considero en un nivel *bajo* porque, aunque consideran como entidades a las ‘cargas eléctricas’ presentes en el fenómeno, no señalan cuáles son esas cargas eléctricas y mucho menos el papel que juegan estas partículas. Además, aparecen nuevamente ‘líneas’ alrededor del objeto frotado, como si continuara prevaleciendo esa entidad que estuvo presente en su MEI. A partir de señalar estas entidades, repercuten en las propiedades que les asignan a un globo o regla de plástico electrizados: ‘le pasan cargas’, en lugar de *pasar electrones*, por ejemplo; y también mencionan que el globo o la regla de plástico ‘tiene cargas/electricidad’, en caso contrario escribieron ‘no tiene nada’ o ‘no tiene cargas/electricidad’. Hasta esta parte, los estudiantes consideraron entidades y sus propiedades un tanto a nivel sensorial.

Por lo tanto, las relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas que estos estudiantes construyeron, gran parte de sus explicaciones supone una percepción sensorial, pues sólo describen lo que sucede al frotar un globo/regla de plástico o al observar el ‘motor electrostático’; por ejemplo, un estudiante escribió: ‘*las cargas eléctricas se le pasan al otro objeto [alambre de cobre] y se mueve [el vaso de plástico]*’. De esta manera, los modelos *bajos* se alejaron de su MCEL y del MCEA.

5.3.2.2 Modelos Intermedios en la Fase 4-Sesión 6

Tabla 5.51

Modelos Intermedios en la Fase 4-Sesión 6

	Estudiantes con Modelos <i>Intermedios</i>														
	2	4	5	6	9	11	12	14	16	17	21	23	24	29	36
Entidades	<i>Electrones</i> <i>Protones</i>														
Propiedades	Los electrones poseen <i>cargas</i> eléctricas <i>negativas</i> . Los protones poseen <i>cargas</i> eléctricas <i>positivas</i> . Los objetos frotados <i>tienen cargas eléctricas</i> . Los objetos que no son frotados <i>no tienen cargas/electricidad/su 'carga' es neutra</i> . Algunos objetos pueden <i>pasar/obtener cargas eléctricas positivas</i> (protones)														
Relaciones/ Reglas de inferencia	Si se frota algunos objetos, entonces se electrizan pasando/obteniendo <i>cargas eléctricas positivas</i> (protones). Si un objeto posee <i>cargas eléctricas</i> , entonces producirán fuerzas de atracción (<i>se pega a la pared</i>). Si un objeto cargado eléctricamente (regla de plástico), se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces las <i>cargas pasan/se transfieren</i> por dicho conductor.														
Inferencias Generalizadas	Si el objeto se frota <i>fuerte y rápido</i> , entonces <i>obtendrá/se consiguen más cargas</i> . Si el objeto electrizado se coloca <i>cerca</i> de otro, entonces <i>las cargas son más fuertes/podrá atraerse o repulsarse más fácil</i> .														

Estos modelos *intermedios* los consideré en este nivel porque se pierden algunos elementos para considerarlos como *avanzados*. Por ejemplo, los estudiantes consideran los objetos (globo, paño de lana y regla de plástico) como las entidades que participan en el fenómeno, pero también a las partículas subatómicas (electrones y protones), y qué tan responsables son dichas entidades para que ocurra el fenómeno. Las propiedades que les son asignadas es el tipo de cargas eléctricas que poseen las partículas, pero los 16 estudiantes de este nivel consideran como propiedad de los objetos que fueron frotados que son los *protones* los que se pueden transferir a un objeto para que quede electrizado.

A partir de esta propiedad asignada, las explicaciones de los estudiantes (relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas) carecen también de elementos. Por ejemplo, ‘un objeto queda electrizado al tener un exceso de cargas *positivas*. También, difícilmente hubo explicaciones acerca de lo que sucede, a nivel microscópico, en objetos que se atraen (globo que se atrae a la pared), simplemente se reduce a que *el globo tiene ‘cargas eléctricas’ y se pega a la pared*. Y lo mismo sucede al explicar que las cargas *positivas* pueden fluir por un alambre de cobre. Finalmente, en las inferencias generalizadas, se observa que los estudiantes se acercaron y se mantuvo su MCEL y MCEA al mencionar que ‘si un objeto se frota *fuerte y rápido*, entonces *obtendrá/se consiguen más cargas*’, y ‘si el objeto electrizado se coloca *cerca* de otro, entonces *las cargas son más fuertes/podrá atraerse o repulsarse más fácil*’. No sólo es una percepción sensorial, sino que consideran esa parte microscópica (cargas eléctricas, fuerzas de atracción/repulsión) que se manifiesta en el fenómeno.

5.3.2.3 Modelos Avanzados en la Fase 4-Sesión 6

Tabla 5.52

Modelos Avanzados en la Fase 4-Sesión 6

		Estudiantes con Modelos Avanzados												
		3	7	10	15	22	25	26	27	30	31	32	33	35
Entidades		Electrones Protones												
Propiedades		Los electrones poseen <i>cargas eléctricas negativas</i> . Los protones poseen <i>cargas eléctricas positivas</i> . Los objetos que no están electrizados, su <i>‘carga electrica’ es neutra</i> . Algunos objetos <i>le pasa/adquieren cargas eléctricas negativas</i> (electrones).												

<p>Relaciones/ Reglas de inferencia</p>	<p>Si se frotan algunos objetos, entonces se electrizan <i>le pasa/adquieren</i> electrones.</p> <p>Si dos objetos poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción.</p> <p>Si dos materiales poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán fuerzas de repulsión.</p> <p>Si un objeto electrizado (regla de plástico), se pone en contacto con un material conductor (alambre de cobre), entonces <i>las cargas</i> podrán fluir (<i>se pasan/transfieren</i>) por dicho conductor.</p>
<p>Inferencias Generalizadas</p>	<p>Si el objeto se frota <i>fuerte y rápido</i>, entonces <i>adquiere más carga</i>.</p> <p>Si el objeto electrizado se coloca <i>cerca</i> de otro, entonces <i>se carga más y podrá atraerlo o repelerlo</i>.</p>

Estos 13 estudiantes tuvieron un modelo *avanzado* porque los considero más cercanos al MCEA, además de que se logra mantener su MCEL. También porque considera entidades a nivel macro y microscópico, con ello, las propiedades que les asignan a cada entidad permanecen después de dos semanas de haber aplicado la SD.

En cuanto a las relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas, los estudiantes mantienen la mayor parte del referente propuesto. Estos estudiantes, mantuvieron en su modelo que los electrones son los que se transfieren de un material a otro, y por lo tanto, explicar lo que sucede en la atracción o repulsión de materiales. Además, la transferencia de estas partículas por un material conductor (se acercó una regla que fue frotada por un paño de lana a un alambre de cobre y que hacía girar un vaso de plástico con papel aluminio). Finalmente, las inferencias generalizadas, aunque se alejan un poco del MCEA, les permitió explicar y predecir el fenómeno (funcionamiento del ‘motor electrostático’).

5.3.3 Análisis de 5 Casos

En este apartado retomo los 5 estudiantes elegidos en el apartado 5.3.2 de este capítulo, para observar con más detalle la permanencia de sus MCEL y qué trayectoria seguirían de acuerdo a la construcción de su MCEAp.

5.3.3.1 Estudiante que inició en un nivel bajo: Estudiante número 10

Entidades

En el MCEL, el estudiante señaló entidades macroscópicas -pañó de lana, tubo PVC- y microscópicas -partículas que se encuentran en los objetos: electrones ('-'), protones ('+'), como las entidades que intervienen en los fenómenos electrostáticos. En el MCEAp se mantienen estas entidades (Tabla 5.51):

Tabla 5.53
Entidades en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 10.

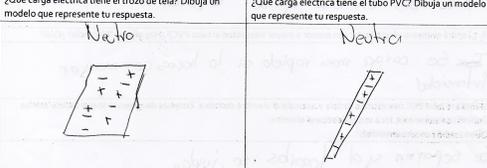
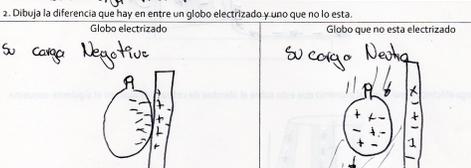
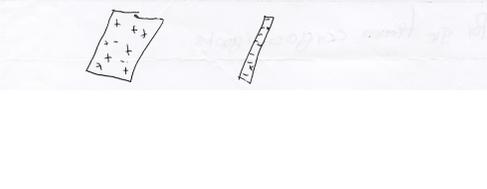
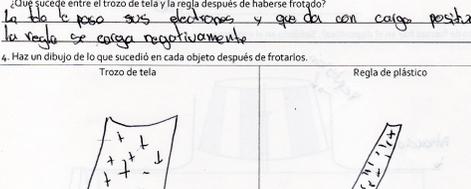
Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>Electrones Protones</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neto</p> 	<p>Entidades</p>	<p>Electrones Protones</p> <p>2. Dibuja la diferencia que hay en entre un globo electrizado y uno que no lo está.</p> <p>Globo electrizado</p> <p>su carga Negative</p>  <p>Globo que no está electrizado</p> <p>su carga Neutra</p> 

Propiedades

Una de las propiedades que el estudiante señala en la Fase 4 -y que se logra mantener desde la Fase 3-, es que los materiales que no están electrizados pues representó el globo que no estaba frotado con igual cantidad de '+' que de '-', es decir, las cargas eléctricas del objeto se encuentran equilibradas. Otra propiedad que se mantiene es la pérdida/ganancia de electrones al frotar los materiales: cuando se frota el globo/regla de plástico, éstos adquieren electrones (representa un exceso de '-' en la regla de plástico), y en el paño de lana representa la pérdida de electrones (dibuja el paño de lana con menor número de '-' (Tabla 5.54):

Tabla 5.54

Propiedades en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 10.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>La materia (Paño de lana y tubo PVC) no está electrizada (<i>Neutra</i>).</p>		<p>La materia (globo sin frotar) que no está electrizada <i>tiene 'carga' neutra</i>.</p>
<p>Algunos materiales (Paño de lana/ Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>		<p>Algunos materiales (Paño de lana/ Globo y Regla de plástico) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p>
<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> 	<p>Propiedades</p>	<p>1. ¿Qué diferencia hay entre un globo electrizado y uno que no lo está? <i>La carga, por que uno está cargado negativamente y el otro tiene carga neutra</i></p> <p>2. Dibuja la diferencia que hay entre un globo electrizado y uno que no lo está.</p> <p>Globo electrizado Globo que no está electrizado</p> 
<p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p> 		<p>3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela. ¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado? <i>La tela le quita sus electrones y que da con carga positiva la regla se carga negativamente</i></p> <p>4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.</p> <p>Trozo de tela Regla de plástico</p> 

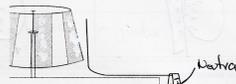
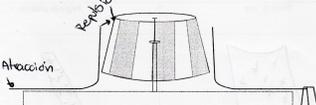
Relaciones/Reglas de Inferencia

El estudiante logró mantener explicaciones muy cercanas al MCEA: al frotar un globo o una regla de plástico con un paño de lana, éstos se cargan eléctricamente por la ganancia de electrones que se trasladaron desde el paño de lana, quedando con exceso de ‘-’, y el paño de lana con ‘+’. De acuerdo al MCEAp de la Tabla 5.51, el estudiante dibuja un globo con ‘-’ y la pared con ‘+’ y ‘-’, representando que materiales con cargas eléctricas diferentes se atraen. También mantiene la explicación de que materiales cargados negativamente, se repelen; así lo representa en el ‘motor electrostático’ (Tabla 5.53), cuando en el alambre de cobre y papel aluminio del vaso señala cargas ‘-’. Finalmente, el estudiante continúa explicando que las cargas pueden fluir por un material conductor, pues representa con ‘-’ en el alambre de cobre, además de escribir *la carga eléctrica se pasan por el alambre y mueve el vaso con aluminio*.

Tabla 5.55
Relaciones/Reglas de Inferencia en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 10.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>Si se frotan algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales (laminillas de aluminio) tienen cargas negativas, entonces se repelen.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se acerca a un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p>	<p>Relaciones/ Reglas de Inferencia</p>	<p>Si se frotan algunos materiales (Paño de lana/ Globo y Regla de plástico), entonces <i>la tela le pasa sus electrones y queda con carga positiva. La regla [y globo] se carga negativamente.</i></p> <p>Si dos materiales distintos (pared/globo) poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán fuerzas de atracción.</p> <p>Si dos materiales (alambre de cobre, papel aluminio) poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán <i>repulsión</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Regla de plástico), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces <i>la carga eléctrica se pasan por el alambre.</i></p>

<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 	<p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 
<p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p> 	
<p>3. "Electroscopio". Acercas el tubo PVC al alambre de cobre. ¿Qué sucede con las laminillas de aluminio?</p> <p>se separan</p>	
<p>4. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportaron de esa manera las laminillas.</p> 	

<p>3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela. ¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado? La tela le quita sus electrones y que da con carga positiva la regla se carga negativamente.</p>	
<p>4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.</p> <p>Trozo de tela</p>  <p>Regla de plástico</p> 	
<p>6. ¿Qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el objeto electrizado cuando se acerca al alambre? La carga eléctrica se repone al alambre y hace el uso con distancia.</p>	
<p>7. En el siguiente esquema señala el comportamiento de las cargas eléctricas al acercar el objeto electrizado.</p> 	
<p>8. ¿Qué carga eléctrica tiene el papel aluminio que esta sobre el alambre de cobre? Señálalo en el siguiente esquema.</p> 	
<p>9. ¿Qué tipo de fuerzas hay en el dispositivo? Señálalo en el esquema.</p> 	

Inferencias Generalizadas

Una de las inferencias generalizadas que el estudiante mantiene en la Fase 4 es que el material se *cargará más* si se frota *rápido y fuerte*; dicha inferencia se encuentra muy alejada al MCEA, pues no va más allá de la percepción sensorial. Otra inferencia detectada en este modelo es que el estudiante considera que la cercanía de un material electrizado de otro que no lo está, podrá *cargarse eléctricamente* (Tabla 5.56). En este último caso, también se aleja un poco del MCEA porque esta explicación no toma en cuenta cómo se comportarían las fuerzas de atracción/repulsión al aumentar o disminuir la distancia entre los materiales.

Tabla 5.56

Inferencias Generalizadas en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 10.

Fase 3 - MCEL	Inferencias Generalizadas	Fase 4 - MCEAp
<p>Si el tubo se frota <i>con mayor intensidad</i>, entonces <i>se carga más rápido</i>.</p> <p>6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál?</p> <p><i>Se carga más rápido si lo haces con mayor intensidad</i></p>	<p>Inferencias Generalizadas</p>	<p>Si se frota un material <i>rápido y fuerte</i>, entonces <i>se carga más en corto</i>.</p> <p>Si disminuye la distancia entre dos cuerpos electrizados (o uno de ellos electrizado), entonces <i>se cargarán eléctricamente</i>.</p> <p>10. ¿Cómo debería de frotarse un objeto para que se cargue eléctricamente? Explica tu respuesta.</p> <p><i>Con un trozo de tela, rápido y fuerte para que se cargue más en corto</i></p> <p>11. ¿Cuál debería de ser la distancia entre un objeto electrizado para que pueda atraer o repeler a otro? ¿Por qué?</p> <p><i>A una distancia con pequeño al contacto para que se carguen eléctricamente</i></p>

En Síntesis

En la siguiente gráfica (Figura 5.83), se observa la trayectoria de los modelos del estudiante número 10, de la Fase 3 a la Fase 4. En este caso, el MCEL se mantiene estable y puedo decir que este modelo ha permanecido sin cambios durante 2 semanas, resultados deseables para este trabajo de investigación.

Figura 5.83

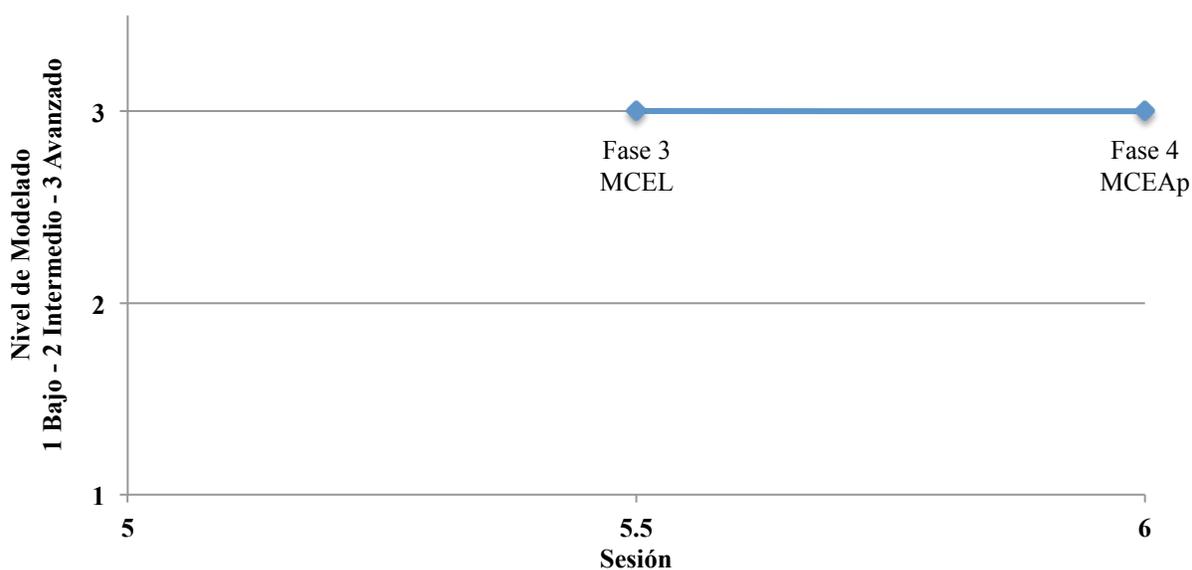


Figura 5.83. Trayectoria del nivel de modelado en la Fase 3 y 4 del estudiante número 10.

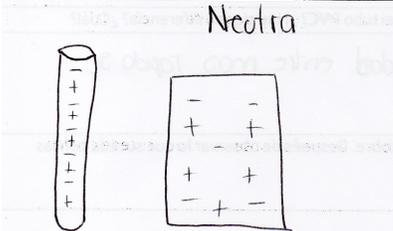
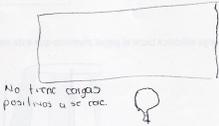
5.3.3.2 Estudiantes que iniciaron con un modelo *intermedio*

5.3.3.2.1 Estudiante número 16

Entidades

En la Tabla 5.57, se observa que las entidades en el MCEAp, sólo se limitan a la parte macroscópica -globo, pared-, aunque escribe *cargas positivas*, esta parte microscópica no las representa en su dibujo; además, no menciona las cargas negativas y, que estas cargas positivas sólo ‘aparecen’ después de frotar el globo con el paño de lana. Cabe mencionar que en la Tabla 5.56, vuelve a tomar en cuenta las entidades de su MCEL -protones y electrones-, pues dibuja el paño de lana con ‘-’ y regla de plástico con ‘+’.

Tabla 5.57
Entidades en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 16.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>Electrones Protones</p> <hr/> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Neutra</p> 	<p>Entidades</p>	<p>Globo Pared</p> <hr/> <p>2. Dibuja la diferencia que hay en entre un globo electrizado y uno que no lo está.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>Globo electrizado</p>  <p>Tiene cargas positivas.</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Globo que no está electrizado</p>  <p>No tiene cargas positivas u se cae.</p> </div> </div>

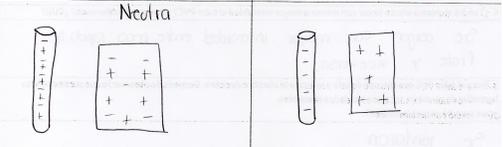
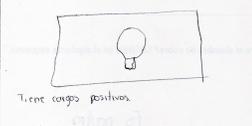
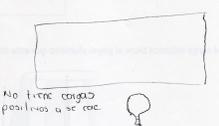
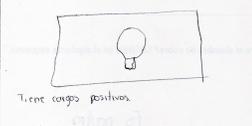
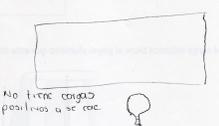
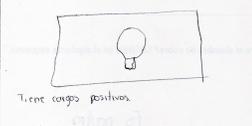
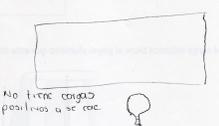
Propiedades

En la Tabla 5.58 se identifican dos propiedades en su MCEL, una de ellas es que un objeto que no está electrizado mantiene sus cargas en equilibrio (dibuja un paño de lana y tubo PVC con igual número de ‘+’ que de ‘-’, y escribe *neutra*). En cambio, en su MCEAp, el

estudiante ya no mantiene esta propiedad, porque dibuja el globo y escribe *no tiene cargas positivas*.

Después de que se frotran estos objetos el estudiante asigna como propiedad en el MCEL que el paño de lana ‘pasa los electrones’ (‘-’) al tubo PVC, quedando el paño de lana solamente con ‘+’ y el tubo PVC con ‘-’, es decir, *se carga negativamente*, lo que se mantendría cercano al MCEA. Ya en el MCEAp, el estudiante asigna como una propiedad la transferencia de cargas pero del tipo contrario: el paño de lana queda con ‘-’ y la regla de plástico con ‘+’, es decir, ‘se carga positivamente’, y en este caso se estaría alejando del MCEA.

Tabla 5.58
Propiedades en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 16.

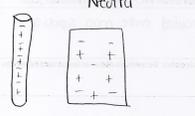
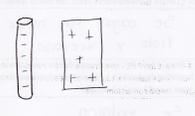
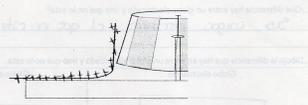
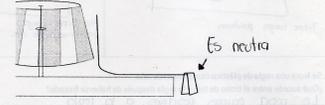
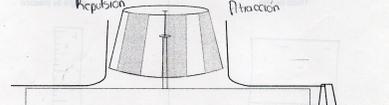
Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp								
<p>La materia (Paño de lana y Tubo PVC) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana y Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones). <i>Se carga negativamente</i>.</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p style="text-align: center;">Neutra</p>  <p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p>  <p style="text-align: center;">Se carga negativamente.</p>	<p>Propiedades</p>	<p>La materia (globo sin frotar) que no está electrizada <i>no tiene cargas positivas</i>.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/ Globo y Regla de plástico) pueden perder/ganar cargas eléctricas positivas (protones).</p> <p>1. ¿Qué diferencia hay entre un globo electrizado y uno que no lo está? <i>Sus cargas eléctricas el que no está es carga neutra</i></p> <p>2. Dibuja la diferencia que hay en entre un globo electrizado y uno que no lo está.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Globo electrizado</td> <td style="text-align: center;">Globo que no está electrizado</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela. ¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado? <i>Le pasa cargas positivas a la regla</i></p> <p>4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Trozo de tela</td> <td style="text-align: center;">Regla de plástico</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Globo electrizado	Globo que no está electrizado			Trozo de tela	Regla de plástico		
Globo electrizado	Globo que no está electrizado									
										
Trozo de tela	Regla de plástico									
										

Relaciones/Reglas de Inferencia

Como se observó en la Tabla 5.58, algunas de las propiedades del MCEL del este estudiante no se mantienen en el MCEAp, lo que repercutirá en las explicaciones del fenómeno presentado en la actividad de la Fase 4. Por ejemplo, en el MCEAp de la Tabla 5.58, el estudiante menciona que al frotar una regla de plástico contra un paño de lana, éste desprende protones y los gana la regla de plástico, quedando el paño de lana con ‘-’ y la regla con ‘+’. También, cuando se le cuestiona al estudiante para que explique el fenómeno de atracción y repulsión en el ‘motor electrostático’, solamente escribe en qué lugar del motor se presentan los fenómenos, pero no sustenta lo que está sucediendo, reduciéndolo a lo que perciben sus sentidos. Y en cuanto al flujo de cargas eléctricas por un material conductor, el estudiante escribe que las cargas *se transfieren al alambre, hasta llegar al vaso*, pero menciona que el tipo de cargas que fluyen por el alambre son positivas. De esta manera, su MCEAp se aleja un poco de su MCEL y del MCEA:

Tabla 5.59
Relaciones/Reglas de Inferencia en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 16.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>Si se frota algunos materiales (Tubo PVC/Paño de lana), entonces <i>se cargan</i> eléctricamente ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales (Laminillas de aluminio) poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces <i>se separan</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se acerca a un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p>	<p>Relaciones/ Reglas de inferencia</p>	<p>Si se frota algunos materiales (Paño de lana/Globo y Regla de plástico), entonces el paño de lana <i>le pasa cargas positivas a la regla</i>.</p> <p>Si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas, entonces producirán <i>atracción y repulsión</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Regla de plástico), se acerca a un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas eléctricas <i>se transfieren al alambre, hasta llegar al vaso</i>.</p>

<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 	<p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> 	<p>3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela. ¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado? Le pasa cargas positivas a la regla</p>
<p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p> <p>Se carga negativamente.</p> 	<p>4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.</p> <p>Trozo de tela Regla de plástico</p> 	
<p>3. "Electroscopio". Acercas el tubo PVC al alambre de cobre. ¿Qué sucede con las laminillas de aluminio? Se separan.</p>	<p>6. ¿Qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el objeto electrizado cuando se acerca al alambre? Se transfieren al alambre hasta llegar al vaso</p> <p>7. En el siguiente esquema señala el comportamiento de las cargas eléctricas al acercar el objeto electrizado.</p> 	
<p>4. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportaron de esa manera las laminillas.</p> 	<p>8. ¿Qué carga eléctrica tiene el papel aluminio que está sobre el alambre de cobre? Señálalo en el siguiente esquema.</p> <p>Es neutra</p> 	
<p>9. ¿Qué tipo de fuerzas hay en el dispositivo? Señálalo en el esquema.</p> <p>Repulsión Atracción</p> 		

Inferencias Generalizadas

Una de las inferencias generalizadas que el estudiante mantiene en la Fase 4 es que si se frota el material *rápidamente y con fuerza su carga eléctrica será con mayor intensidad*; dicha inferencia se encuentra muy alejada al MCEA, pues no va más allá de la percepción sensorial. Otra inferencia generalizada considerada por el estudiante es que, la cercanía de un material electrizado de otro que no lo está, influirá para que pueda *atraerse* (Tabla 5.60). En este último caso se aproxima al MCEA por considerar que la distancia entre los materiales puedan actuar las fuerzas de atracción.

Tabla 5.60

Inferencias Generalizadas en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 16.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>Si el tubo <i>se frota más/menos rápido</i>, entonces <i>se carga con mayor/menor intensidad</i>.</p>	<p>Inferencias Generalizadas</p>	<p>Si se frota un material <i>rápidamente y con fuerza</i>, entonces <i>su carga eléctrica será con mayor intensidad</i>.</p>
<p>6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál? <i>Se cargan con mayor intensidad entre mas rapido se frote y viceversa.</i></p>		<p>Si disminuye la distancia entre un objeto electrizado y otro que no lo está, entonces <i>se atraerá</i>.</p> <p>10. ¿Cómo debería de frotarse un objeto para que se cargue eléctricamente? Explica tu respuesta. <i>Rápidamente y con fuerza para que su carga eléctrica sea con mayor intensidad</i></p> <p>11. ¿Cuál debería de ser la distancia entre un objeto electrizado para que pueda atraer o repeler a otro? ¿Por qué? <i>Cerca por que se atraiga</i></p>

En Síntesis

Figura 5.84

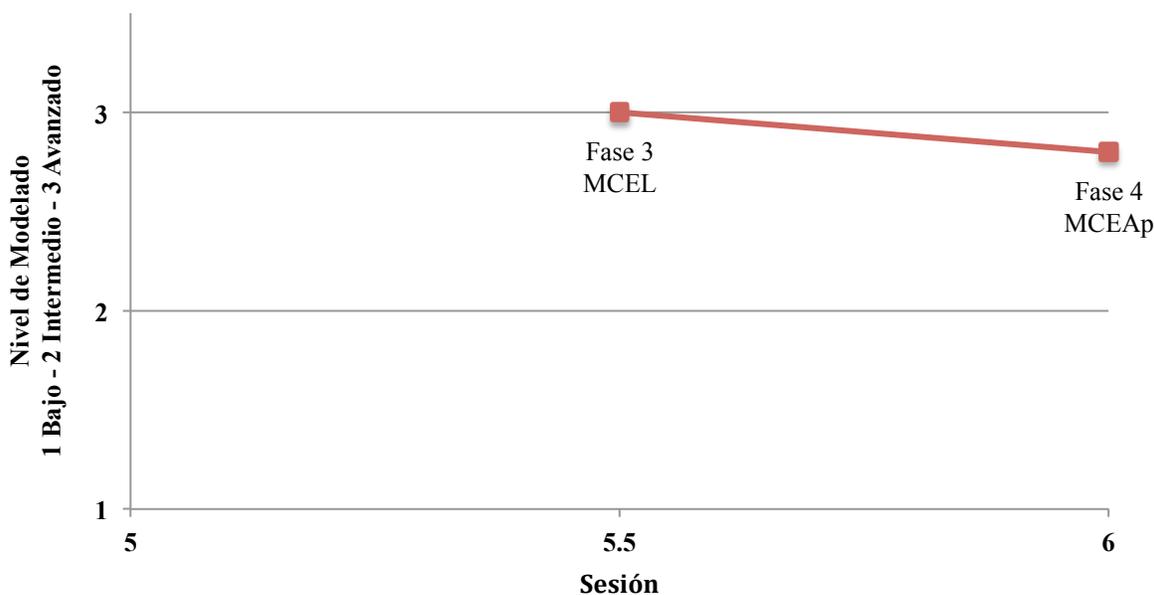


Figura 5.84. Trayectoria del nivel de modelado en la Fase 3 y 4 del estudiante número 16.

Como se observa en la gráfica anterior (Figura 5.84), el MCEAp del estudiante descendió del nivel *avanzado*, no lo podría considerar como *intermedio*, pues solamente confundió el tipo

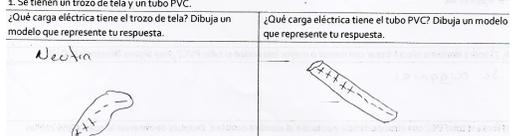
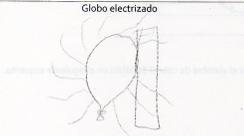
de cargas (negativas por positivas) que abundan en un objeto electrizado. Por las demás categorías, el MCEL permaneció estable después de 2 semanas.

5.3.3.2.2 Estudiante número 22

Entidades

Se observa en la Tabla 5.59 que las entidades del MCEAp que el estudiante representa, se limita a lo que perciben sus sentidos, al representar sólo un globo y la pared, y además, dibuja unas líneas que no especifica de qué se trata. Se podría decir que regresa a su MEI (Tabla 5.27), pero al transcurrir la sesión 6, el estudiante dibuja el paño de lana y regla de plástico con ‘-’ y ‘+’, es decir, ya considera las partículas atómicas/cargas eléctricas en los materiales (Tabla 5.61), y retoma estas entidades para explicar los fenómenos presentados en esta sesión.

Tabla 5.61
Entidades en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 22.

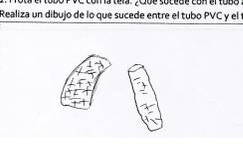
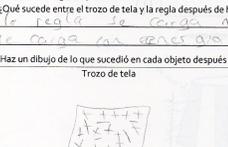
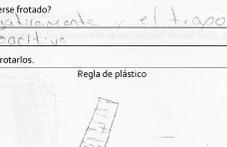
Fase 3 - MCEL	Entidades	Fase 4 - MCEAp
<p>Electrones Protones</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> 		<p>Globo (Aparecen ‘líneas’ alrededor) Pared</p> <p>2. Dibuja la diferencia que hay entre un globo electrizado y uno que no lo está.</p> <p>Globo electrizado</p>  <p>Globo que no está electrizado</p> 

Propiedades

Una de las propiedades que el estudiante señala en la Fase 4 -pero que no se mantiene desde la Fase 3-, es que los materiales que no están electrizados equilibran sus cargas eléctricas, al representar el globo sin frotar, con ‘líneas’ alrededor de éste. No toma en cuenta las cargas

eléctricas/partículas atómicas en el material. Una propiedad que sí logra mantener en las fases 3 y 4, es la pérdida/ganancia de electrones al frotar los materiales: en la Tabla 5.62, cuando se frota la regla de plástico, ésta gana electrones (representa un exceso de ‘-’ en la regla de plástico y escribe *la regla se carga negativamente*), y en el paño de lana representa la pérdida de electrones (dibuja el paño de lana con menor número de ‘-’, y escribe *el trapo se carga con energía positiva*).

Tabla 5.62
Propiedades en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 22.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>La materia (Tubo PVC, Paño de lana) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p><i>Neutra</i></p>  <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p>  <p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p> 	<p>Propiedades</p>	<p>La materia (globo sin frotar) que no está está electrizado <i>no tiene cargas</i>.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/ Regla de plástico) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p> <p>1. ¿Qué diferencia hay entre un globo electrizado y uno que no lo está? <i>Señ (cargas) por que uno si está cargado eléctricamente y el otro no</i></p> <p>2. Dibuja la diferencia que hay en entre un globo electrizado y uno que no lo está.</p> <p>Globo electrizado</p>  <p>Globo que no está electrizado</p>  <p>3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela. ¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado? <i>La regla se carga negativamente y el trapo se carga con energía positiva</i></p> <p>4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.</p> <p>Trozo de tela</p>  <p>Regla de plástico</p> 

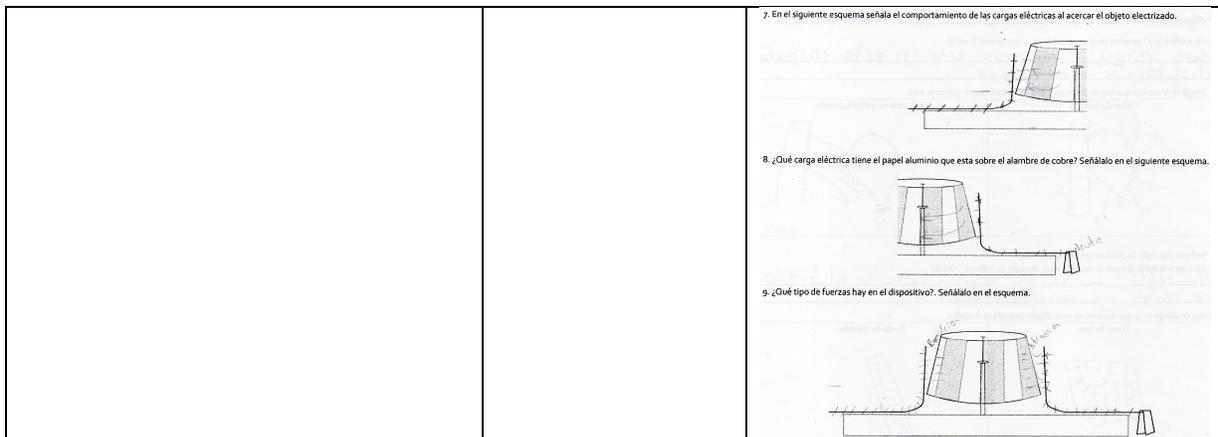
Relaciones/Reglas de Inferencia

Las explicaciones que el estudiante logra mantener en el MCEAp son muy cercanas al MCEA. Una de ellas es que, al frotar una regla de plástico contra un paño de lana, éstos se cargan eléctricamente por la ganancia de electrones que se trasladaron desde el paño de lana,

quedando con exceso de ‘-’, y el paño de lana con exceso de ‘+’. El estudiante mantiene la explicación de que materiales cargados negativamente, se repelen; así lo representa en el ‘motor electrostático’ (Tabla 5.63), cuando en el alambre de cobre y papel aluminio del vaso señala a ambos con ‘-’ y escribe *repulsión*. Y en el caso de las fuerzas de atracción, escribe *atracción* entre el papel aluminio del vaso (con ‘-’) y el alambre de cobre (con ‘+’). Finalmente, el estudiante explica que las cargas pueden fluir por un material conductor, pues representa con ‘-’ el alambre de cobre, además de escribir que las cargas eléctricas *se transfieren* por el alambre.

Tabla 5.63
Relaciones/Reglas de inferencia en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 22.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>Si se frotran algunos materiales (Tubo PVC, Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales (laminillas de aluminio) tienen cargas negativas, entonces <i>se repelen</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se acerca a un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p> <p>1. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p>  <p>3. "Electroscopio" Acercas el tubo PVC al alambre de cobre. ¿Qué sucede con las laminillas de aluminio? <i>Se abren las laminas</i></p> <p>4. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportaron de esa manera las laminillas.</p>  <p>5. ¿Qué tipo de fuerzas observaste entre las laminillas de aluminio? <i>Repulsión</i></p>	<p>Relaciones/ Reglas de Inferencia</p>	<p>Si se frotran algunos materiales (Paño de lana/Regla de plástico), entonces <i>la regla se carga negativamente y el trapo se carga con energía positiva</i>.</p> <p>Si dos materiales (Alambre de cobre, Papel aluminio) poseen cargas eléctricas diferentes (positivas-negativas), entonces producirán <i>atracción</i>.</p> <p>Si dos materiales (Alambre de cobre, Papel aluminio) poseen cargas eléctricas iguales (negativas-negativas), entonces producirán <i>repulsión</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Regla de plástico), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas eléctricas <i>se transfieren</i> al alambre.</p> <p>3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela. ¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado? <i>La regla se carga negativamente y el trapo se carga con energía positiva</i></p> <p>4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.</p>  <p>6. ¿Qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el objeto electrizado cuando se acerca al alambre? <i>se transfieren cargas</i></p>



Inferencias Generalizadas

Una de las inferencias generalizadas que el estudiante mantiene en la Fase 4 es que para que el material se *cargue más* se debe frotar *rápido y fuerte*; dicha inferencia se encuentra muy alejada al MCEA, pues no va más allá de la percepción sensorial. Otra inferencia detectada en este modelo es que el estudiante considera que la cercanía de un material electrizado de otro que no lo está, podrá *atraer más las cargas* (Tabla 5.64). En este último caso, podría aproximarse al MCEA porque el estudiante considera que al disminuir la distancia entre estos materiales la fuerza de atracción entre las cargas será mayor.

Tabla 5.64

Inferencias Generalizadas en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 22.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>Si el tubo se frota con mayor intensidad, entonces <i>se carga más</i>.</p> <p>6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál?</p> <p><i>Se cargara más</i></p>	<p>Inferencias Generalizadas</p>	<p>Si se frota un material <i>rápido y fuerte</i>, entonces <i>existe más fricción y se carga más</i>.</p> <p>Si disminuye la distancia entre dos cuerpos electrizados (o uno de ellos electrizado), entonces <i>se atraen más las cargas</i>.</p> <p>10. ¿Cómo debería de frotarse un objeto para que se cargue eléctricamente? Explica tu respuesta.</p> <p><i>Rápido y fuerte para que exista una fricción y se carga más</i></p> <p>11. ¿Cuál debería de ser la distancia entre un objeto electrizado para que pueda atraer o repeler a otro? ¿Por qué?</p> <p><i>Cerca porque así se atraen más las cargas</i></p>

En Síntesis

Figura 5.85

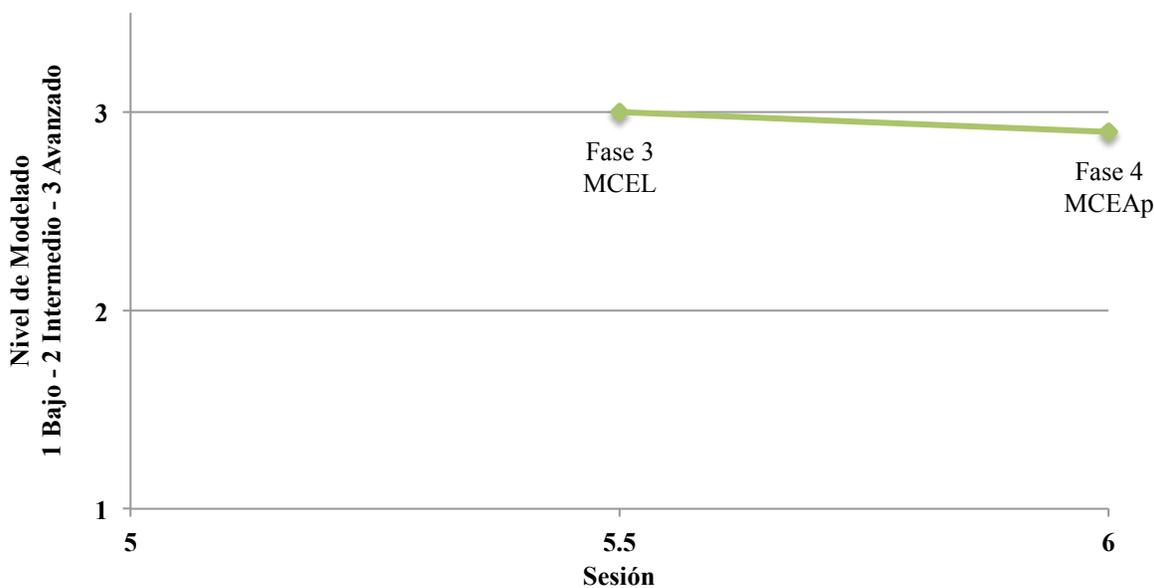


Figura 5.85. Trayectoria del nivel de modelado en la Fase 3 y 4 del estudiante número 22.

De acuerdo a la gráfica anterior (Figura 5.85), considero que el estudiante número 22 bajo ligeramente del nivel *avanzado*. La razón es que, en un primer momento, no consideró las partículas subatómicas en un objeto cargado eléctricamente, y cuando no lo está (el caso del globo), aunque en actividades y cuestiones posteriores sí retoma estas entidades. Por las demás categorías, el MCEL permaneció estable después de 2 semanas.

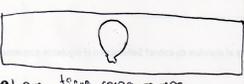
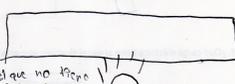
5.3.3.3 Estudiantes que iniciaron con un modelo *avanzado*

5.3.3.3.1 Estudiante número 17

Entidades

En el MCEL, el estudiante señaló entidades macroscópicas -pañó de lana, tubo PVC-, y microscópicas -partículas que se encuentran en los objetos: electrones ('-') y protones ('+')-, como las principales entidades que intervienen en los fenómenos electrostáticos. En el MCEAp, en un primer cuestionamiento, el estudiante representa sólo un globo, antes y después de haber sido frotado, aunque escribe *tiene carga/no tiene carga* (Tabla 5.65), pero no representa dichas 'cargas' en el objeto. En los siguientes cuestionamientos (Tabla 5.66), el estudiante ya representa los objetos -pañó de lana y regla de plástico- con '+' -protones- y '-' -electrones-.

Tabla 5.65
Entidades en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 17.

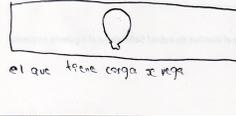
Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>Electrones Protones</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p>  <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p> 	<p>Entidades</p>	<p>Globo Pared</p> <p>1. ¿Qué diferencia hay entre un globo electrizado y uno que no lo está? <i>que uno tiene diferente carga</i></p> <p>2. Dibuja la diferencia que hay en entre un globo electrizado y uno que no lo está.</p> <p>Globo electrizado</p>  <p>el que tiene carga se pega</p> <p>Globo que no está electrizado</p>  <p>el que no tiene carga se cae</p>

Propiedades

Una de las propiedades que el estudiante señala en la Fase 3 -y que no se mantiene para la Fase 4-, es que los materiales que no están electrizados equilibran sus cargas: representa los objetos que no estaban frotados con igual cantidad de '+' que de '-'. En la Fase 4, representa el

globo que no ha sido frotado y escribe *no tiene carga*. Más adelante, representa la regla de plástico que se frota contra un paño de lana con mayor número de ‘+’ y escribe *se carga*, haciendo alusión a que la regla adquiere protones que el paño de lana le transfirió al momento de frotarla, quedando el paño de lana con exceso de ‘-’ (Tabla 5.66).

Tabla 5.66
Propiedades en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 17.

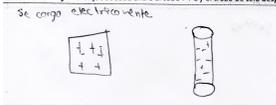
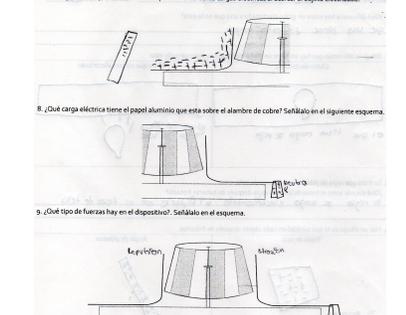
Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>La materia (Paño de lana, Tubo PVC) es <i>Neutra</i>, por lo que sus cargas están equilibradas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana, Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p>  <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>Neutra</p>  <p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p> <p>Se carga eléctricamente.</p> 	<p>Propiedades</p>	<p>La materia (globo sin frotar) que no esta está electrizada <i>no tiene carga</i>.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/Regla de plástico) pueden <i>descargarse/se cargan</i>.</p> <p>1. ¿Qué diferencia hay entre un globo electrizado y uno que no lo está? <i>que uno tiene diferente carga</i></p> <p>2. Dibuja la diferencia que hay en entre un globo electrizado y uno que no lo está.</p> <p>Globo electrizado</p>  <p>Globo que no está electrizado</p>  <p>3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela. ¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado? <i>la regla se carga eléctricamente al frotarla con el trozo de tela</i></p> <p>4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.</p> <p>Trozo de tela</p>  <p>Regla de plástico</p> 

Relaciones/Reglas de Inferencia

Una de las explicaciones que el estudiante hace en el MCEAp fue que, una regla de plástico que se frota contra un paño de lana, se carga eléctricamente por la ganancia de *protones* que se trasladaron desde el paño de lana, quedando con un exceso de ‘+’, y el paño de lana con un exceso de ‘-’ (Tabla 5.64). Aunque el estudiante mantiene varios elementos del MCEL, el tipo de carga es el que no logra mantenerse puesto que son los electrones (‘-’) los que pueden

transferirse al momento de frotar los materiales. Otra relación/regla de inferencia que no mantiene en su MCEAp, es la atracción y repulsión de materiales, porque aunque lo llega a escribir en donde se presenta este fenómeno, no lo representa ni de manera gráfica o escrita. También mantiene la explicación de que las cargas pueden fluir por un material conductor, pues representa con exceso de '-' el alambre de cobre, además de escribir *el alambre recibe las cargas eléctricas hasta llegar al vaso y moverlo*.

Tabla 5.67
Relaciones/Reglas de inferencia en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 17.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>Si se frotran algunos materiales (Tubo PVC,Paño de lana), entonces <i>se cargan eléctricamente</i> ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales poseen <i>cargas negativas</i>, entonces <i>se separan, se repelen</i> (fuerzas de repulsión).</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se acerca a un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p>	<p>Relaciones/ Reglas de Inferencia</p>	<p>Si se frotran algunos materiales (Paño de lana/Globo y Regla de plástico), entonces <i>la regla se carga eléctricamente al frotarlo con el trozo de tela</i>.</p> <p>Si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas, entonces producirán <i>atracción y repulsión</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Regla de plástico), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces <i>el alambre recibe las cargas eléctricas hasta llegar al vaso</i>.</p>
<p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p> <p>Se carga eléctricamente.</p>  <p>3. "Electroscopio" Acercas el tubo PVC al alambre de cobre. ¿Qué sucede con las laminillas de aluminio? Se repelen.</p> <p>4. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportaron de esa manera las laminillas.</p> <p>Por las cargas negativas se repelen.</p> 	<p>3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela. ¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado? La regla se carga eléctricamente al frotarla con el trozo de tela.</p> <p>4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.</p> <p>Trozo de tela: Se carga. Regla de plástico: Se carga.</p> <p>6. ¿Qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el objeto electrizado cuando se acerca al alambre? El alambre recibe las cargas eléctricas hasta llegar al vaso y moverlo.</p> <p>7. En el siguiente esquema señala el comportamiento de las cargas eléctricas al acercar el objeto electrizado.</p> <p>8. ¿Qué carga eléctrica tiene el papel aluminio que está sobre el alambre de cobre? Señálalo en el siguiente esquema.</p> <p>9. ¿Qué tipo de fuerzas hay en el dispositivo? Señálalo en el esquema.</p> 	

Inferencias Generalizadas

Una de las inferencias generalizadas que el estudiante mantiene en la Fase 4 pero que se encuentra muy alejada al MCEA es que el material *se cargaría más rápidamente y tendría más fuerza* si se frota *rápidamente y con fuerza*; dicha inferencia no va más allá de la percepción sensorial, además de que no especifica el tipo de ‘fuerza’ que se presentaría en el material electrizado. Otra inferencia detectada pero cercana al MCEA, es que el estudiante considera que acercando un material electrizado a otro que no lo está *las cargas serán más fuertes* (Tabla 5.68):

Tabla 5.68
Inferencias Generalizadas en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 17.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>Si el tubo <i>se frota suave/con mayor intensidad</i>, entonces <i>es menor/mayor la carga</i>.</p> <p>6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál?</p> <p><i>que al frotarlo suave es menor carga y al frotarlo con mayor intensidad es mayor la carga.</i></p>	<p>Inferencias Generalizadas</p>	<p>Si se frota un material <i>rápidamente y con fuerza</i>, entonces <i>se cargaría más rápidamente y tendría más fuerza</i>.</p> <p>Si disminuye la distancia entre dos cuerpos electrizados (o uno de ellos electrizado), entonces <i>las cargas serán más fuertes</i>.</p> <p>10. ¿Cómo debería de frotarse un objeto para que se cargue eléctricamente? Explica tu respuesta. <i>rápido y con fuerza porque se cargaría más rápidamente y tendría más fuerza.</i></p> <p>11. ¿Cuál debería de ser la distancia entre un objeto electrizado para que pueda atraer o repeler a otro? ¿Por qué? <i>cerca para que los cargas se atraigan.</i></p>

En Síntesis

Este caso es muy similar al estudiante anterior (número 22), pues también bajó ligeramente del nivel *avanzado* (Figura 5.85): en la primer actividad, no consideró las partículas subatómicas en un cuando el globo está cargado eléctricamente, y cuando no lo está, pero en actividades y cuestiones posteriores sí retoma estas entidades. También no explicó y no dejó en claro lo que sucede, a nivel microscópico, entre el vaso de plástico con aluminio y el alambre de cobre. Las demás categorías del MCEL permanecieron estables después de 2 semanas.

Figura 5.86

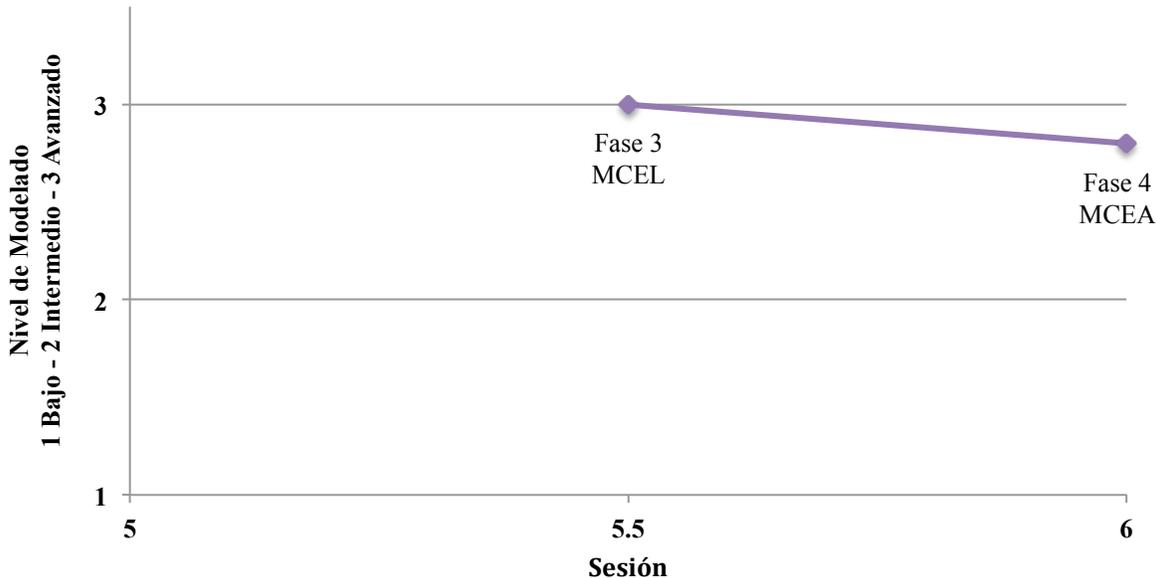


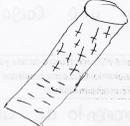
Figura 5.86. Trayectoria del nivel de modelado en la Fase 3 y 4 del estudiante número 17.

5.3.3.3.2 Estudiante número 23

Entidades

Tanto en el MCEL, como en el MCEAp, el estudiante señala entidades macroscópicas - paño de lana y tubo PVC, paño de lana y globo-, y microscópicas -partículas que se encuentran en los objetos: electrones (e^{-}), protones (e^{+}), como las entidades que intervienen en los fenómenos electrostáticos; aunque el estudiante menciona que solamente un globo que fue frotado poseerá dichas partículas, mientras no se frote o sea electrizado no tendrá estas partículas. Y se confirman estas entidades al cuestionársele la diferencia entre un globo electrizado de uno que no lo está, respondiendo *sus cargas* (Tabla 5.69).

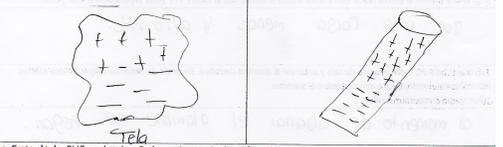
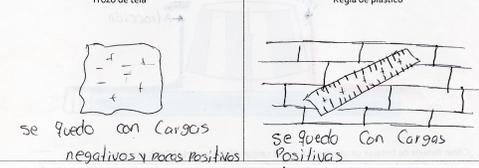
Tabla 5.69
Entidades en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 23.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp		
<p>Electrones Protones</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p>  <p>Tela</p> <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> 	<p>Entidades</p>	<p>Globo Paño de lana Cargas</p> <p>1. ¿Qué diferencia hay entre un globo electrizado y uno que no lo está?</p> <p>Sus Cargas</p> <p>2. Dibuja la diferencia que hay en entre un globo electrizado y uno que no lo está.</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <p>Globo electrizado</p>  <p>te Pasa Cargas el lana</p> </td> <td style="width: 50%; text-align: center;"> <p>Globo que no está electrizado</p>  <p>Loe Balque no tiene Cargas</p> </td> </tr> </table>	<p>Globo electrizado</p>  <p>te Pasa Cargas el lana</p>	<p>Globo que no está electrizado</p>  <p>Loe Balque no tiene Cargas</p>
<p>Globo electrizado</p>  <p>te Pasa Cargas el lana</p>	<p>Globo que no está electrizado</p>  <p>Loe Balque no tiene Cargas</p>			

Propiedades

Una de las propiedades que el estudiante señala en su MCEAp -y que se logra mantener de su MCEL-, es que los materiales que no están electrizados -papel aluminio del ‘motor electrostático’- la representó con igual cantidad de ‘+’ que de ‘-’, es decir, las cargas eléctricas del objeto se encuentran equilibradas. La pérdida/ganancia de electrones al frotar los materiales, es una propiedad que se mantiene parcialmente para la Fase 4, ya que el estudiante menciona que el frotar la regla de plástico contra el paño de lana, ésta *queda con cargas positivas*, y el paño de lana *se quedó con cargas negativas y pocas positivas* (Tabla 5.70). La transferencia de cargas se mantiene, pero no el tipo de carga que se transfirieron:

Tabla 5.70
Propiedades en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 23.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>La materia (Paño de lana, Tubo PVC, Laminillas de aluminio) equilibran sus cargas eléctricas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana, Tubo PVC) pueden perder/ganar cargas eléctricas negativas (electrones).</p> <p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p>  <p>3. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p> 	<p>Propiedades</p>	<p>La materia (Papel aluminio) equilibra sus cargas eléctricas.</p> <p>Algunos materiales (Paño de lana/Globo y Regla de plástico) pueden perder/ganar cargas eléctricas positivas (protones).</p> <p>3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela. ¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado? <i>que el trozo de tela se queda sin cargas porque se los pasa a la regla, y la regla se queda con cargas</i></p> <p>4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.</p> <p>Trozo de tela Regla de plástico</p>  <p>8. ¿Qué carga eléctrica tiene el papel aluminio que esta sobre el alambre de cobre? Señálalo en el siguiente esquema.</p> 

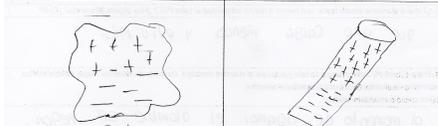
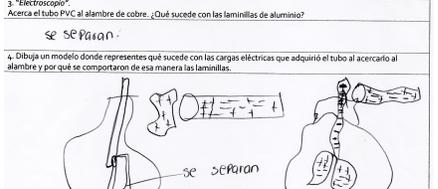
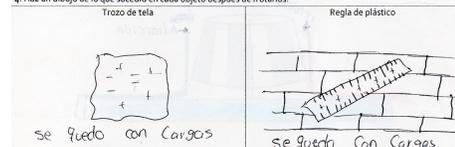
Relaciones/Reglas de Inferencia

Cómo se observó en la tabla anterior (5.68), el estudiante mantiene parcialmente la relación/regla de inferencia en su MCEAp sobre la transferencia de cargas eléctricas después de frotar los materiales, aunque el tipo de carga no es la que mencionó en su MCEL.

Las explicaciones que el estudiante logró mantener en el MCEAp son muy cercanas al MCEA. Una de ellas es que, al frotar un globo o una regla de plástico con un paño de lana, éstos se cargan eléctricamente por la ganancia de electrones que se trasladaron desde el paño de lana, quedando con exceso de ‘-’, y el paño de lana con ‘+’. De acuerdo al MCEAp de la Tabla anterior (5.68), el estudiante dibuja un globo con ‘-’ y la pared con ‘+’ y ‘-’, representando así que materiales con cargas eléctricas diferentes se atraen. También mantiene la explicación de que materiales cargados negativamente, se repelen; así lo representa en el ‘motor electrostático’ (Tabla 5.71), cuando en el alambre de cobre y papel aluminio del vaso señala cargas ‘-’.

Finalmente, el estudiante continúa explicando que las cargas pueden fluir por un material conductor, pues representa con '-' en el alambre de cobre, además de escribir *la carga eléctrica se pasan por el alambre y mueve el vaso con aluminio.*

Tabla 5.71
Relaciones/Reglas de Inferencia en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 23.

Fase 3 - MCEL	Relaciones/ Reglas de inferencia	Fase 4 - MCEAp
<p>Si se frotran algunos materiales (Tubo PVC, Paño de lana), entonces se electrizan ganando/perdiendo electrones.</p> <p>Si dos materiales (Laminillas de aluminio) <i>tienen cargas eléctricas negativas</i>, entonces <i>se separan (fuerza negativa-repulsión)</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Tubo PVC), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces las cargas podrán fluir por dicho conductor.</p>		<p>Si se frotran algunos materiales (Paño de lana/Globo y Regla de plástico), entonces se electrizan ganando/perdiendo protones.</p> <p>Si dos materiales distintos poseen cargas eléctricas, entonces producirán <i>atracción o repulsión</i>.</p> <p>Si un material cargado eléctricamente (Regla de plástico), se pone en contacto con un material conductor (Alambre de cobre), entonces <i>la regla le pasa cargas positivas al cable</i>.</p>
<p>1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p> <p>¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.</p>  <p>2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.</p>  <p>3. "Electroscopio". Acerca el tubo PVC al alambre de cobre. ¿Qué sucede con las laminillas de aluminio? <i>se separan.</i></p>  <p>4. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportaron de esa manera las laminillas. <i>porque tienen cargas eléctricas negativas</i></p> <p>5. ¿Qué tipo de fuerzas observaste entre las laminillas de aluminio? <i>fuerza Negativa - repulsión</i></p>	<p>3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela. ¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado? <i>que el trozo de tela se queda sin cargas porque se los pasa a la regla, y la regla se queda con cargas</i></p> <p>4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.</p> <p>Trozo de tela Regla de plástico</p>  <p>se queda con Cargas negativas y pocas positivas se queda con Cargas Positivas</p> <p>7. En el siguiente esquema señala el comportamiento de las cargas eléctricas al acercar el objeto electrizado.</p>  <p>8. ¿Qué carga eléctrica tiene el papel aluminio que esta sobre el alambre de cobre? Señálalo en el siguiente esquema. <i>Neutra</i></p>  <p>9. ¿Qué tipo de fuerzas hay en el dispositivo?. Señálalo en el esquema. <i>repulsión</i> <i>atracción</i></p> 	

Inferencias Generalizadas

Una de las inferencias generalizadas que se mantuvo de la Fase 3 a la Fase 4, es que el material se *cargará más rápido* si se frota *rápido y fuerte*. Esta inferencia no se aproxima al MCEA, pues no va más allá de la percepción sensorial. Otra inferencia detectada en este modelo de la Fase 4, es que el estudiante considera que, al acercarse un material electrizado de otro que no lo está, *lo atrae más rápido o le pasa más rápido las cargas* (Tabla 5.72). En este último caso, se aproxima un poco al MCEA al mencionar que *lo atrae más rápido*, pues da cuenta en cómo se comporta la fuerza de atracción, al disminuir la distancia entre los materiales; y además menciona que podría haber una transferencia de cargas al acercarse los materiales.

Tabla 5.72

Inferencias Generalizadas en el MCEL vs MCEAp del estudiante número 23.

Fase 3 - MCEL		Fase 4 - MCEAp
<p>Si el tubo se frota con menor/mayor intensidad, entonces <i>carga menos/menos</i>.</p> <p>6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál?</p> <p>que uno carga menos y otro más.</p>	<p>Inferencias Generalizadas</p>	<p>Si un material se frota <i>rápido y fuerte</i>, entonces <i>se carga más rápido</i>.</p> <p>Si disminuye la distancia entre dos cuerpos electrizados (o uno de ellos electrizado), entonces <i>lo atrae más rápido o le pasa más rápido las cargas</i>.</p> <p>10. ¿Cómo debería de frotarse un objeto para que se cargue eléctricamente? Explica tu respuesta.</p> <p><i>rápido y fuerte, para que cargue rápidamente</i></p> <p><i>rápido y fuerte porque se carga más rápido</i></p> <p>11. ¿Cuál debería de ser la distancia entre un objeto electrizado para que pueda atraer o repeler a otro? ¿Por qué?</p> <p><i>cercas, porque lo atrae más rápido o le pasa más rápido las cargas.</i></p>

Figura 5.87

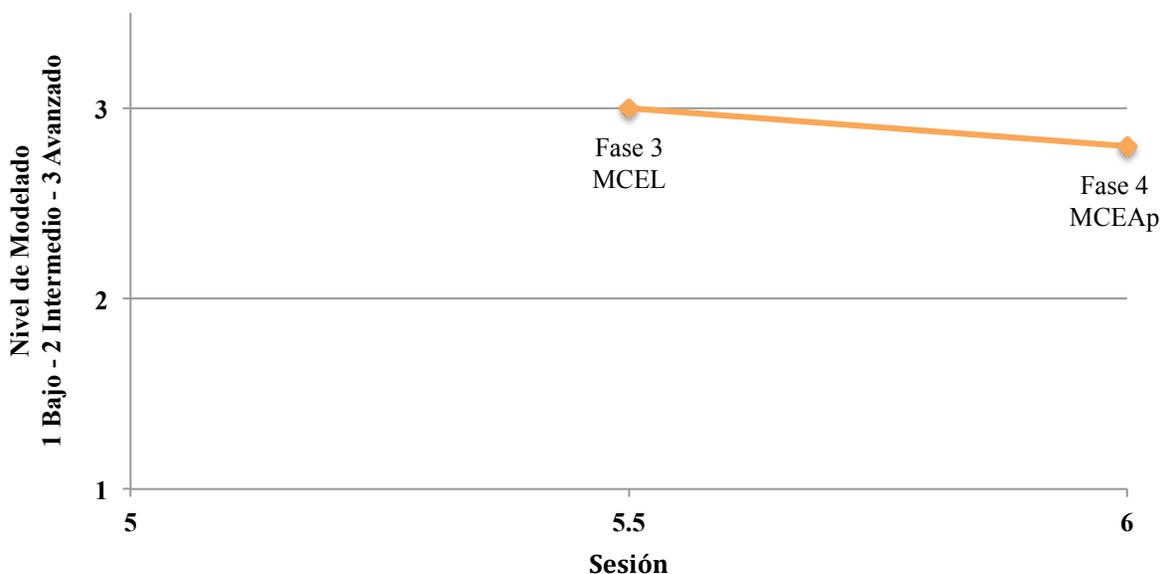


Figura 5.87. Trayectoria del nivel de modelado en la Fase 3 y 4 del estudiante número 23.

Este estudiante también mostró un ligero retroceso del nivel *avanzado* (Figura 5.87). Su MCEAp no lo consideraría como en un nivel avanzado en su totalidad, pues en la primer actividad no explicó lo que sucede, a nivel microscópico con un globo que no está cargado eléctricamente (equilibrio de cargas), y también porque en la actividad de la regla de plástico y el paño de lana, explica que son las cargas positivas las que se transfirieron a la regla. Las demás categorías del MCEL permanecieron estables después de 2 semanas.

5.3.3.4 Síntesis de los Casos Presentados

Como se observó en las trayectorias de los cinco estudiantes (Figuras 5.83 a la 5.87), en uno de ellos se mantuvo su modelo, pero en los otros cuatro hubo un ligero retroceso. Aún así, la mayoría de los elementos del MCEL permanecieron en los estudiantes después de dos semanas

de haber aplicado la SD. En algunos casos hubo confusión de entidades, y como consecuencia, en sus explicaciones. A pesar de ello, dichas explicaciones fueron más allá de lo que percibían sus sentidos trasladándose a un nivel microscópico. Su MCEAp podría considerarlo como válido al desarrollar una argumentación más científica sobre los fenómenos electrostáticos.

6. Conclusiones y Perspectivas

En este capítulo planteo si los resultados obtenidos -bajo el análisis utilizado para evidenciarlos- lograron dar respuesta a las preguntas de investigación y con ello, mencionar los aportes que este trabajo brinda para el campo de Educación en Ciencias; específicamente en el terreno del diseño y validación de SD. También, menciono las conclusiones a las que llegué a partir de utilizar el sustento teórico explicitado en el capítulo 3 de esta tesis -principalmente la definición de modelo de Gutiérrez (2014)-, así como la manera de proceder en esta investigación -al construir un Modelo Científico Escolar de Arribo, una SD con criterios provenientes de dicho modelo, y evidenciar los modelos que los estudiantes pueden construir a partir de dicha SD-; y si dicha manera de orientar este trabajo propició el logro de los propósitos planteados.

En primer lugar, ¿Cuáles son los modelos iniciales de los estudiantes de secundaria acerca de los fenómenos electrostáticos?

Los MEI de los estudiantes fue el punto de partida, así como el referente con el que conté para tratar de que construyeran sobre este modelo y se aproximaran al referente propuesto (MCEA). Al iniciar la SD, los estudiantes explicaron los fenómenos electrostáticos desde una percepción sensorial: hicieron referencia a aspectos describibles a simple vista de los fenómenos electrostáticos. Si bien estos Modelos Iniciales coinciden en gran medida con lo reportado en la literatura (Capítulo 2), la manera de pensar de los 28 estudiantes -que participaron desde la primera sesión o sesión exploratoria- en términos de modelos, muestran mayor precisión -en cuanto al modelo en sí: entidades, propiedades, relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas-, y algunos detalles como por ejemplo, la ‘aparición de algo’ alrededor de los materiales frotados y que los estudiantes representaban como ‘energía’, ‘electricidad’, ‘magnetismo’; cosa que no es reportada en la literatura especializada. Es decir, que los

estudiantes se dan cuenta de que hay un cambio en el material después de frotarlo, pero que no se percibe a simple vista y esto hace que el material pueda atraer o ser atraído por otros materiales; por lo que hay evidencia de una incipiente conceptualización abstracta -respaldada por algunos conceptos escuchados o revisados en la escuela, pero que permiten pensar que los estudiantes aceptan que para la explicación del fenómeno no basta la simple percepción sensorial. Sin embargo, las expresiones o dibujos realizados no presentan un carácter definido en cuanto a ‘entes’ reconocidos, ‘propiedades’ identificadas de dichos entes o ‘relaciones’ causa-efecto establecidas en el modelo inicial que sirve como referente para la transformación; pues dichos componentes del modelo no son expresados por los estudiantes de manera que se parezca a lo establecido por el MCEA -electrones, protones, carga eléctrica, etcétera-.

En los últimos años, se ha puesto énfasis en que, en el aula de ciencias, los docentes tomen en cuenta las ideas previas de los estudiantes. Actualmente, el Modelo Educativo elaborado y presentado por la Secretaría de Educación Pública (SEP) en 2017.

Sin embargo, la importancia de incorporar como punto de partida el pensamiento espontáneo de los estudiantes, no sólo se presenta en programas curriculares, sino en el ámbito de la investigación didáctica, ya que variadas propuestas teóricas de proponer el diseño y validación de SD, así lo señalan Artigue (1995), Leach y Scott (2002), Méheut y Psillos (2004), Duit (2006), Juuti y Lavonen (2006), Virii y Savinainen (2008), Lijnse (2010) y Couso (2011).

Es por ello que las representaciones de los estudiantes, al iniciar la secuencia didáctica y que se presentan en este trabajo en forma de modelos -con sus categorías analíticas constituyentes-, permiten comprender de manera más refinada, cómo piensa el estudiante, con qué elementos cuenta para explicar el fenómeno, qué entidades, propiedades, relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas son necesarios introducir en la SD; lo cual sirvió para

contar con criterios de diseño para la SD, dada la forma en que esta concebido el MCEA -el cual requiere de poner en tensión el MEI, el MCu y el MCi-.

A partir de los Modelos Iniciales, me propuse transformarlos en modelos que se aproximaran al MCEA -el referente propuesto-. Para ello, las actividades de la SD -que diseñé bajo el enfoque de modelos y modelización, y que además, se direcciona hacia el MCEA-, favorecieron dicha transformación; pues pusieron énfasis en la presencia de las partículas subatómicas, el papel que desempeñan en la electrización de los materiales, el equilibrio de dichas cargas, etc.

En segundo lugar, ¿Cómo se transforman sus modelos durante una SD basada en la modelización?, ¿Qué tanto logran los estudiantes alcanzar el referente propuesto denominado MCEA? y ¿Qué tanto difieren los modelos logrados por los estudiantes en clase, de aquellos identificados como modelos iniciales y del referente propuesto (MCEA)?

Las ventajas que ofrece la definición de *modelo* que adopté (Gutiérrez, 2014) para esta investigación, me permitió usar categorías analíticas, claras y delimitadas, lo que no me hubieran permitido otras definiciones de modelo (Capítulo 3, apartado *Definición de Modelo*), debido a que éstas permitirían un análisis del desempeño de los estudiantes en ciertas actividades didácticas mediante una idea o noción general de modelo -proveniente de alguna tipología-, pero no una identificación de sus constituyentes particulares.

Con esta definición, obtuve datos homogeneizados provenientes de diferentes ámbitos -cognitivos (MEI), curriculares (MCu) y científicos (MCi)-, mediante categorías analíticas derivadas de dicha definición -entidades, propiedades, relaciones/reglas de inferencia e inferencias generalizadas-. Con estas categorías, fue posible el análisis detallado de los modelos construidos por los estudiantes -de manera grupal e individual-, su comparación con el MCEA, el

establecimiento de los niveles de modelado y mostrar las trayectorias mostradas por estos modelos en niveles a lo largo de la SD.

También obtuve resultados que me permitieron dar respuesta a las preguntas de investigación: al comparar el MEI con el MCEL de los estudiantes (Tabla 5.7), puedo decir que la mayoría de ellos toma en cuenta entidades y propiedades (protones, electrones, cargas eléctricas positivas y negativas, equilibrio de cargas en la materia) que no consideraban en su MEI. Con ello, el estudiante tuvo elementos con los que podía dar explicaciones más acordes a los modelos curricular y científico sobre algunos fenómenos electrostáticos.

Además, con estas categorías de análisis y teniendo el MCEA como referente a alcanzar, conformé los niveles de modelado en *bajo*, *intermedio* y *avanzado*. Con ello, di a conocer cómo se dio la transformación de sus modelos a lo largo de la SD. El ‘camino’ que recorren los modelos por las 3 fases de la SD, proporciona elementos para poder decir que sí es posible alcanzar el MCEA, sin importar el nivel de modelado con el que hayan iniciado los estudiantes: la mayoría de los estudiantes (34/37), fueron capaces de construir un Modelo (MCEL) bastante cercano al MCEA, logrando colocarse en un nivel de modelado *intermedio* o *avanzado* al final de la SD.

Si bien es cierto lo afirmado por Couso (2011) de que “no hay una respuesta consensuada sobre qué ciencia enseñar hoy en día”, esta investigación muestra una propuesta que hace posible “tener conocimiento didáctico sobre qué enseñar y cómo hacerlo”, pues ofrece un referente sobre el cual es posible ‘ensayar’ la construcción de conocimiento científico escolar; con la potencialidad de describir, explicar y predecir fenómenos electrostáticos, y no la inútil o poco funcional memorización de conceptos, fórmulas matemáticas o una lista de *aprendizajes*

esperados no sustentados en la investigación que el actual currículo escolar propone (SEP, 2011) -o aprendizajes clave en el Nuevo Modelo Educativo (SEP, 2017)-.

Los resultados de esta tesis abren la posibilidad de discusión sustentada de la pertinencia de qué modelo atómico utilizar en la enseñanza de los fenómenos electrostáticos en el nivel de educación secundaria. Además, el planteamiento curricular (SEP, 2011 y SEP, 2017), tanto en los aprendizajes esperados y los aprendizajes clave no indican adoptar algún modelo en particular y además no están contundentemente fundamentados en resultados de investigación. Como lo mencioné en su momento, decidí abordar dichos fenómenos a partir del modelo atómico de Bohr por ser el que podría convenir para explicar el desprendimiento de electrones de algunos materiales electrificables.

Con los resultados obtenidos, sobre todo en las sesiones 3, 4 y 5-a de la SD, se evidencian términos utilizados por los estudiantes como: ‘cargas eléctricas’, ‘cargas eléctricas positivas’, ‘cargas eléctricas negativas’, utilización de símbolos de ‘+’ y ‘-’ para representar la electrificación o el equilibrio de cargas en un material. Esto pareciera reflejar una aproximación al modelo atómico propuesto por Thompson, puesto que no sería necesario especificar el número de cargas como lo hace el modelo de Bohr. Con ello, se abre una posible línea de investigación en términos de dilucidar si puede aceptarse que sea el modelo de Thompson como MCEI y a partir de él para alcanzar el de Bohr.

Esta investigación se une a la propuesta de Psillos, Spyrtou y Kariotoglou (2005), en donde “un número creciente de investigadores de la educación han estado desarrollando e investigando el diseño y la efectividad de SD propuestas dirigidas a proporcionar condiciones apropiadas para aprender”. Y uno de los aspectos fundamentales para validar una SD radica en la pertinencia de conocer el cambio producido en el pensamiento de los estudiantes mediante la

misma -esencialmente el gradiente entre MEI y MCEL- o la de postular una hipótesis de logro (MCEA) y probar si es posible alcanzarlo.

Así, con la SD propuesta en esta tesis se puso a prueba la hipótesis a alcanzar -el MCEA-, y la cual se ofrece como una contribución teórico-metodológica en funcionamiento para el campo en Educación en Ciencias o Didáctica de las Ciencias, pues con la SD se pudo “lograr descripciones precisas de las vías cognitivas de los estudiantes y para probar ciertas hipótesis” (Méheut y Psillos, 2004); es decir, la contrastación de este procedimiento para validar SD, frente a otras posturas presentes en la literatura como puede ser el uso del pretest-postest.

Por lo tanto, la hipótesis propuesta debiera de ser aceptada -ver el logro del MCEA en capítulo 5, en el apartado ‘Modelos Científicos Escolares Logrados por Categoría Analítica’- a partir del diseño y aplicación de la SD utilizada en esta investigación. Así lo mencionan Méheut y Psillos (2004): “Experimentar con una SD puede conducir a dos tipos de resultados interesantes: resultados en términos de valor pragmático (viabilidad, efectividad, etc.) y/o resultados en términos de validez científica (comprensión de los procesos de aprendizaje, probando teorías de aprendizaje¹⁴, etc.)”.

A partir de los resultados obtenidos, uno puede sostener que los instrumentos utilizados en la SD (Anexos 1 al 11) permitieron -en gran parte- que los estudiantes representaran, de manera escrita y gráfica sus explicaciones; conocer sus representaciones mentales a partir de su evocación y análisis en términos de modelos.

Lo percibido en el desarrollo de la SD, evidenció que las actividades que los estudiantes comúnmente realizan en clase de ciencias, -que se inclinan más por copiar y repetir los contenidos del libro de texto, del pizarrón o que el docente les ofrece como dictado- puede ser

¹⁴ Y uno podría añadir que ‘probando formas de construcción de conocimiento’.

más fructíferas si se utiliza una aproximación como la aquí detallada. Por ejemplo, percibí que para los estudiantes resultó difícil describir lo que sucedía en algún fenómeno, y sobre todo, argumentar sus explicaciones. Algunas evidencias que obtuve, muestran una cierta dependencia del libro de texto y de lo que menciona su profesor(a) en clase, por lo que esto influyó para expresar algunas habilidades en clase de ciencias -necesarias como describir, explicar y predecir fenómenos naturales como los electrostáticos- que requieren de procesos de comprensión más que de memorización. Sin embargo, lo positivo fue rescatar la mayor información posible para mostrar los modelos que construían a lo largo de la SD, además de que sólo se iba guiando a los estudiantes para lograr dichas construcciones.

Como docentes pensamos que los estudiantes que tienen un nivel de aprovechamiento bajo -o como en este caso, un nivel de modelado *bajo*-, no lograrían desarrollar un nivel *avanzado* al abordar algún fenómeno natural mediante alguna SD. En esta investigación se pudo observar que los estudiantes van modelando en diferentes niveles a lo largo de la SD, y conseguir un nivel *intermedio* o *avanzado*, aún habiendo partido de un nivel bajo. Esto alienta la investigación y el desarrollo curricular mediante SD sustentadas teóricamente y validadas en la práctica.

En Tercer lugar, ¿Qué tanto se mantienen en el tiempo los modelos que los estudiantes lograron construir al final de la secuencia didáctica?

Un último aspecto a considerar en estas conclusiones son los MCEAp que reporto en este trabajo. Estos modelos muestran primeramente que, al iniciar la sesión con una actividad en la que se electrizaba un globo inflado al frotarlo con un paño de lana (Anexo 11), algunos estudiantes retomaban su MEI, representando un modelo que explicaba el fenómeno

sustentándose en la percepción sensorial. Ello implicaba no tomar en cuenta la existencia de partículas subatómicas en la materia y el comportamiento que tienen éstas al frotarlos. Después de presentarles la segunda actividad -frotar una regla de plástico contra un paño de lana- y cuestionar a los estudiantes sobre lo que estaba sucediendo con estos materiales-, retomaban su MCEL; pero sustentaban su explicación de manera microscópica y cercana al MCEA. Cabe señalar que ningún estudiante -al finalizar la SD- relacionó el fenómeno electrostático con uno magnético, lo cual es indicativo de que en sus MCEL no estuvo presente este aspecto y, por lo tanto, permanece de esta manera en sus MCEAp.

En esta misma sesión ('lo que sucede cuando se electriza la regla de plástico'), los estudiantes explicaron el comportamiento de las partículas subatómicas, pero la mayoría de ellos confundieron el comportamiento de dichas partículas, y considero que los estudiantes tuvieron un ligero retroceso en su MCEAp; ya que en varios casos se mencionaba que eran los protones lo que se desprendían de un paño de lana para ganarlos el tubo PVC, por ejemplo. Por ahora desconozco cuánto tiempo más se lograrían mantener sus MCEL, qué elementos perdurarían y cuáles se volverían más débiles o desaparecerían. Pero puedo concluir que lo reportado en este trabajo se mantiene -por lo menos 15 días- en su gran mayoría (29 de 37 estudiantes) entre los niveles de modelado *intermedio* y *avanzado*, y da pie a que en posteriores trabajos se ahonde en este aspecto. Como por ejemplo, la investigación que llevó acabo Azaiza, et. al. (2012) y que mostré en el capítulo 2 de esta tesis.

En la última actividad de esa misma sesión, se mostró a los estudiantes un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía cinética. Fue en esta actividad donde las relaciones/reglas de inferencia de su MCEAp no fueron del todo claras para los estudiantes y, en varios casos, no representaron o explicaron de manera gráfica o escrita lo sucedido. Considero

que esta actividad podría ser sustituida por otra(s) en donde fueran más evidentes los fenómenos electrostáticos de atracción y repulsión, es decir, que los estudiantes pudieran observar la separación o atracción de los materiales para que pudieran identificarlas más fácil y explicarlos sin ninguna dificultad.

Finalmente...

Comparto algunas reflexiones sobre mi experiencia en la investigación: ¿Qué pensamientos surgen después del ejercicio de investigación realizado? ¿Qué avances en la investigación permitirían satisfacer necesidades de docentes al contar con SD diseñadas con base teórica y validadas de manera pertinente? ¿Qué experiencias me deja este trabajo y puedo compartir a docentes en el marco de la investigación en el campo de la Educación en Ciencias? y ¿Qué proyectos de investigación se podrían desarrollar a partir de este trabajo?.

Resultaría fructífero que en próximos trabajos, los estudiantes tomaran conciencia de su proceso de modelización, como por ejemplo trabajos como The National Strategies. Secondary (2008); Gómez (2013); Acher (2014); Gómez, García y Koller (2017), entre otros; ya que en este trabajo, sólo me propuse reportar los modelos que los estudiantes van construyendo a lo largo de una SD.

El diseño y aplicación de la SD que aquí se propone, fue sometida a la realidad en la que se encuentran la mayoría de las aulas: grupos numerosos, ausencias de alumnos y profesores, copiar y repetir contenidos en las clases, entre otras. Los resultados que he reportado, dan cuenta de que -a pesar de las limitaciones que pudieran encontrar los docentes-, los estudiantes lograron construir modelos muy próximos al MCEA.

También es necesario que, en futuras investigaciones en el campo de Educación en Ciencias, en el área como el de la electricidad, se continúen diseñando SD para hacer una ‘conexión’ entre la electrostática y la electrodinámica; y construir modelos como referentes a alcanzar. Propongo algunos prospectos de investigación que se derivarían de los resultados obtenidos. Por ejemplo, construir un MCEA y su respectiva SD -desde la perspectiva abordada en este trabajo- para abordar los fenómenos electrostáticos en primaria, bachillerato, así como en educación especial; que esta misma SD presentada pueda ajustarse para que los estudiantes sean consientes -en cierta medida- de su proceso de modelización y que autoevalúen sus modelos construidos, lo cual generaría mayor conocimiento en la manera de aprender de los estudiantes y la manera en cómo el docente podría enseñar los fenómenos en la clase de ciencias.

También, sería interesante saber qué tanto podría replicarse esta secuencia en condiciones normales, y de qué forma podría evaluarse, además de recuperar los MCEAp después de un mes, seis meses, o un año, para conocer cómo es que se mantienen o retroceden sus MCEL.

En fin, queda mucho por hacer, pero habrá tiempo para llevarlos a cabo. Espero que en el futuro la vida pueda otorgarme la oportunidad -o a otros investigadores- el estudio, aplicación y seguimiento de estas propuestas.

Referencias

- Acher, A., Arcà, M., y Sanmartí, N. (2007). Modeling as a teaching learning process for understanding materials: A case study in primary education. *Science Education*, 91(3) 398–418.
- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 1, 63-76.
- Adúriz-Bravo, A. (1999). *Elementos de teoría y de campo para la construcción de un análisis epistemológico de la didáctica de las ciencias*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A. (Febrero, 2010). *Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos*. Trabajo presentado en el II Congreso Internacional de Didácticas, Girona, España.
- Adúriz-Bravo, A. (2011). Concepto de modelo científico: Una mirada epistemológica de su evolución. En L. Galagovsky (Ed.), *Didáctica de las ciencias naturales: El caso de los modelos científicos*. Logar: Buenos Aires, pp. 141-161.
- Adúriz-Bravo, A. (2012). A “Semantic” View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, 22(7), 1593–1611.
- Adúriz-Bravo, A., e Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las ciencias naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 1, 40-49.
- Aliberas, J., Izquierdo, M. y Gutiérrez, R. (septiembre, 2013a). *Diseño de una Secuencia Didáctica sobre Hidrostática, teóricamente fundamentada: El papel de la Modelización y de la Emoción*. Trabajo presentado en el IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Girona, España.
- Aliberas, J., Izquierdo, M. y Gutiérrez, R. (septiembre, 2013b). *El papel de la conversación Didáctica en la modelización y progresión del conocimiento Escolar: el caso de la hidrostática*. Trabajo presentado en el IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Girona, España.
- Artigue, M. (1995). Ingeniería Didáctica. En Pedro Gómez (Ed.), *Ingeniería Didáctica en Educación Matemática. Un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza*. Bogotá: Grupo Editorial Iberoamérica, pp. 33-59.
- Azaiza, I., Bar, V., Awad, Y., y Khalil M. (2012). Pupils’ Explanations of Natural Phenomena and Their Relationship to Electricity. *Creative Education*, 3(8), 1354-1365.
- Basells, J., Daura, F., Esparza, R. y Pallás, R. (1992). *Interferencias electromagnéticas en sistemas electrónicos*. Barcelona-México: Boixareu Editores.
- Beiser, A. (2003). *Applied Physics. Schaum’s easy outlines*. New York: McGraw-Hill.

- Bunge, M. (2001). *Diccionario de Filosofía*. Ciudad de México: Siglo XXI.
- Buty, C. Tiberghien, A. y Le Maréchal, J. F. (2004). Learning hypotheses and associated tool to desing and analyse teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 26(5), 579-604.
- Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 7, 21-34.
- Caillot, M. y Nguyen Xuan, A. (1993). Adults' misconceptions in electricity. Trabajo presentado en *The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Misconceptions Trust
- Chabay, R. W. Sherwood, B. A. (1995). *Electric and Magnetic Interactions*. Toronto: John Wiley & Sons.
- Chamizo, J. (2010). Una tipología de los modelos para la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 7(1), 26–41.
- Criado, A. y Cañal, P. (2002). Obstáculos para aprender conceptos elementales de electrostática y propuestas educativas. *Investigación en la Escuela*, 47, 53-63.
- Cromer, A. (1996). *Física para las ciencias de la vida*. Barcelona: Reverté.
- Coll, R. K. y Lajium, D. (2011). Modeling and the future of science learning. En Myint Swe Khine, M. y Saleh, I. M. (Eds.) *Models and Modelling. Cognitive tools for Scientific Enquiry*, (6), 3-21.
- Couso, D. (2011). Las secuencias didácticas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. En Caamaño, A. (coord.) *Física y Química. Complementos de formación disciplinar* (pp. 57-83). Barcelona: Graó.
- Couso, D. y Garrido-Espeja, A. (2017). Models and modelling in pre-service teacher education: why we need both. En K. Hahl, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto, y J. Lavonen (Eds.), *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research. Contributions from Science Education Research*, (3), 245-260.
- Develaki, M. (2007). The Model-Based View of Scientific Theories and the Structuring of School Science Programmes. *Science & Education*, 16, 725–749.
- Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2017). Recuperado de <http://www.rae.es/ayuda/diccionario-de-la-lengua-espanola>.
- Domènech, J. (2015). Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación del conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de placas. *Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 186-197.

- Duit, R. (2006). La investigación sobre enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa, *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, julio-septiembre, 11(30), pp. 741-770.
- Duit, R. y Von Rhöneck, C. (1998). Aprender y comprender los conceptos claves de la electricidad. En A. Tiberghien, E. Jossem y J. Barojas (Eds.), *International Commission on Physics Education (C2)*. Caracas: Universidad Nacional Abierta.
- Furió, C. y Guisasola, J. (1998). Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo eléctrico en estudiantes de bachillerato y universidad. *Enseñanza de las ciencias*, 16(1), 131-146.
- Furió, C. y Guisáosla, J. (1999). Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las ciencias*, 17(3), 441-452.
- Furió, C., Guisasola, J. y Zubimendi J. L. (1998). Problemas históricos y dificultades de aprendizaje en la interpretación newtoniana de fenómenos electrostáticos considerados como elementales. *Investigações em Ensino de Ciências*, (3), 165-188.
- Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), 231-241.
- García-Carmona, A. (2010). Comprensión del comportamiento eléctrico de los Sólidos a partir de un conocimiento básico sobre la Materia. Un estudio exploratorio con alumnos de Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 7(2), 509-526.
- García, P. y Sanmartí, N. (2007). La modelización: una propuesta para repensar la ciencia que enseñamos. En A. Adúriz-Bravo (Ed.), *Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*, (pp. 280-297). Santiago de Chile: Alambique.
- Giere, R. (1992a). *La explicación de la ciencia*. Ciudad de México: CONACyT.
- Giere, R. N. (1992b). Introduction. Cognitive Models of Science. En R. N. Giere (Ed.) *Cognitive Models of Science* (pp. xv-xxvii). Minneapolis: University Of Minnesota Press.
- Giere, R. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las ciencias*. Número Extra, 63-70.
- Giere, R. N. (2004). How Models are Used to Represent Reality, *Philosophy of Science*, 71, 742-752.
- Greca, I., y Moreira, M. (1998a). Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 15(2), 107-120. Recuperado de <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/85007>

- Greca, I. M. y Moreira, M. A. (1998b). Modelos mentales y aprendizaje de física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), 289-303.
- Gómez, A. (2013). Explicaciones narrativas y modelización en la enseñanza de la biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(1), 11-28.
- Gómez, A. A., García, A. y Koller, M. (2017). *Relevancia de los hechos del mundo en la modelización: la milpa como hecho paradigmático para la selección artificial*. Trabajo presentado en el X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Sevilla, España.
- Guisasola, J. y Furió, C. (1994). Dificultades en el aprendizaje significativo de algunos conceptos de electrostática. *Investigación en la escuela*, 23, 103-114.
- Gutiérrez, R. (2003). Epistemological and Ontological Aspects in Science Teacher Education. En M. Michellini (Ed.). *Quality Development in Teacher Education and Training* (pp. 48-60). Italy:Lithostampa-Pasian di Prato.
- Gutiérrez, R. (2004). La modelización y los procesos de enseñanza/aprendizaje. *Alambique*, 42.
- Gutiérrez, R. (2005). Polisemia actual del concepto “modelo mental”. Consecuencias para la investigación didáctica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2), 209-226.
- Gutiérrez, R. y Pintó, R. (2009). Aproximación ontológica a las concepciones de modelo científico que presentan los profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra. VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 3637-3641.
- Gutiérrez, R. y Whitelock, D. (septiembre, 2013). *Diseño de un curso de formación de profesores para introducir el concepto de modelo científico. Un estudio exploratorio*. Trabajo presentado en el IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Girona, España.
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos. Aproximaciones y alternativas. *Revista Bio-grafía*, Vol. 7(13), 37-66.
- Gutiérrez, R. (2017). *Construcción del conocimiento espontáneo y del conocimiento científico II. Secuencia de Enseñanza/Aprendizaje basada en sucesiones de modelos: Introducción a la electrostática elemental*. Trabajo presentado en el X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Sevilla, España.
- Hewitt, P. (2007). *Física Conceptual*. Ciudad de México: Pearsons.
- Halliday, D., Resnik, R. y Krane, K. (1999). *Física Vol. 2*. Ciudad de México: Compañía Editorial Continental.

- Instituto Nacional de Evaluación Educativa (2007). *Pisa 2006 en México*. Ciudad de México: INEE.
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa (2010). *México en PISA 2009*. Ciudad de México: INEE.
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa (2015). *México en PISA 2015*. Ciudad de México: INEE.
- Izquierdo, M., y Adúriz-Bravo, A. (2005). Los Modelos Teóricos para la Ciencia Escolar. *Enseñanza de Las Ciencias*, Número Extra, 1-4. Recuperado de http://ddd.uab.es/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp490modteo.pdf
- Lijnse, P. (2010). Didactics of science: The forgotten dimension in science education research? In Koos Kortland & Kees Klaassen (Eds.), *Designing Theory-Based Teaching-Learning Sequences for Science Education*; Proceedings of the symposium in honour of Piet Lijnse at the time of his retirement as professor of Physics Didactics at Utrecht University – Utrecht: CDBeta Press – Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education (FIsme), Utrecht University – FIsme series on Research in Science Education; nr. 64
- Juárez, A., Juárez, J., Martínez, E. y Juárez, L. (2004). Fomentando el cambio conceptual. *Ciencia y Desarrollo*, 30(174), 45-51.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias*, 24(2), 173-184.
- Juuti, K. & Lavonen, J. (2006). *Design-Based Research in Science Education: One Step Towards Methodology*, NorDiNa, 2(2), 54-68.
- Leach, J. y Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: an approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning, *Studies in Science Education*, 38, 115-142.
- López-Mota, Á. D. y Sanmartí, N. (2011). ¿Desde dónde y con qué perspectiva enseñar ciencias? A. D. López-Mota y M. T. Guerra (Eds.), *Las Ciencias Naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI* (pp. 43-76). Ciudad de México: SEP.
- López-Mota, A. y Moreno-Arcuri, G. (2014). Sustentación teórica y descripción metodológica del proceso de obtención de criterios de diseño y validación para secuencias didácticas basadas en modelos: El caso del fenómeno de la fermentación. *Revista Bio-Grafía*, 7(13), 109-126.
- Maia, P. F. y Justi, R. (2009). Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-based Teaching. *International Journal of Science Education*, 31(5), 603-630.
- Méheut, M. y Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.

- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. En D. Gentner y A.L. Stevens (Eds.), *Mental models*, (pp. 7-14). Hillsdale, Michigan: Lawrence Erlbaum Associates.
- Oh, P. S. y Oh, S. J. (2011) What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview, *International Journal of Science Education*, 33:8, 1109-1130
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2002). *Conocimientos y aptitudes para la vida. Primeros resultados del programa internacional de evaluación de estudiantes (PISA) 2000 de la OCDE*. Recuperado de <http://www.oecd.org/pisa/39817007.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2004). *Informe PISA 2003. Aprender para el mundo del mañana*. España: Santillana.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2012). *Programa para la evaluación internacional de Alumnos (PISA). Pisa 2012 - Resultados. México*. Recuperado de <https://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-mexico-ESP.pdf>
- OCDE Programme for International Student Assessment 2015 (2015). *PISA 2015. Estudio Piloto. Preguntas liberadas. Ciencias*. Recuperado de <http://www.mecd.gob.es/dctm/inee/internacional/pisa-2015/pisa-2015cienciaspreguntas-liberadas.pdf?documentId=0901e72b81c31419>
- Osborne, J., Black, P., Smith, M. y Meadows, J. (1991). Electricity. *Primary Space Project Research Report*. Liverpool:University Press.
- Pereda, S. (2008). *Diseño de una estrategia didáctica para propiciar el cambio conceptual sobre Electrostática en alumnos de secundaria*. (Tesis de maestría) Universidad Pedagógica Nacional, Ciudad de México.
- Pereda, S. y López, A. (2009). Estrategia didáctica para propiciar el cambio conceptual sobre electrostática en alumnos de secundaria. *Entre Maestros*, 9(31), 22-27.
- Piña, E. (2003). *Cacería de cargas*. Ciudad de México: FCE, SEP, CONACyT.
- Prieto, T. y Blanco, A. (1997). *Las concepciones de los alumnos y la investigación en Didáctica de las Ciencias*, Málaga: Universidad de Málaga.
- Psillos, D. (1998). Enseñar la electricidad elemental. En A. Tiberghien, E. Jossem y J. Barojas (Eds.), *International Commission on Physics Education (E4)*. Caracas: Universidad Nacional Abierta.
- Psillos, D., Spyrtou A. y Kariotoglouk, P. (1995). Science Teacher Education: Issues And Proposals. En K. Boersma et al. (eds.), *Research and the Quality of Science Education* (119-128). Netherlands.

- Pujol, R. y Márquez, C. (2011). Las concepciones y los modelos de los estudiantes sobre el mundo natural y su función en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. En P. Cañal (Coord.), *Didáctica de la Biología y la Geología* (pp. 71-89). Barcelona: Graó.
- Purcell, E. (2001). *Electricidad y Magnetismo. Berkeley physic course-Volumen 2*. Barcelona: Reverté.
- Reitz, J., Milford, F. y Christy, R. (2001). *Fundamentos de teoría electromagnética*. Ciudad de México: Alhambra.
- Sanmartí, N. y García i Rovira, P. (2006). La modelización: una propuesta para repensar la ciencia que enseñamos. Quintanilla y A. Aduriz-Bravo (Eds.), *Enseñar ciencias en el nuevo milenio. Retos y propuestas*. (pp. 280-297). Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- SEP (2011). *Programas de estudio 2011. Guía para el maestro. Educación Básica. Secundaria. Ciencias*. México, D. F.: Secretaria de Educación Pública.
- SEP (2017). *Aprendizajes clave para la educación integral. Plan y programas de estudio para la educación básica*. Recuperado de <http://www.aprendizajesclave.sep.gob.mx/secu-ae-explora-fisicasec.html>
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. a., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654.
- Serrano, A. T. y Hurtado, J. (2013). Electroestática. Exeriencias con latas de refrescos. *Alambique*, 73, 110-115.
- Tamayo, O. E. (septiembre, 2013). *Modelos y modelización en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias*. Trabajo presentado en el IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Girona, España.
- The National Strategies. Secondary (2008). *Science teaching unit: Explaining how electric circuits work*. Recuperado de <http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20110720042756/http://nsonline.org.uk/node/286751>
- Virii, J y Savinainen, A. (2008). Teaching-learning sequences: A comparison of learning demand analysis and educational reconstruction, *Lat. Am. J. Phys. Educ.* , 2(2).

Anexos

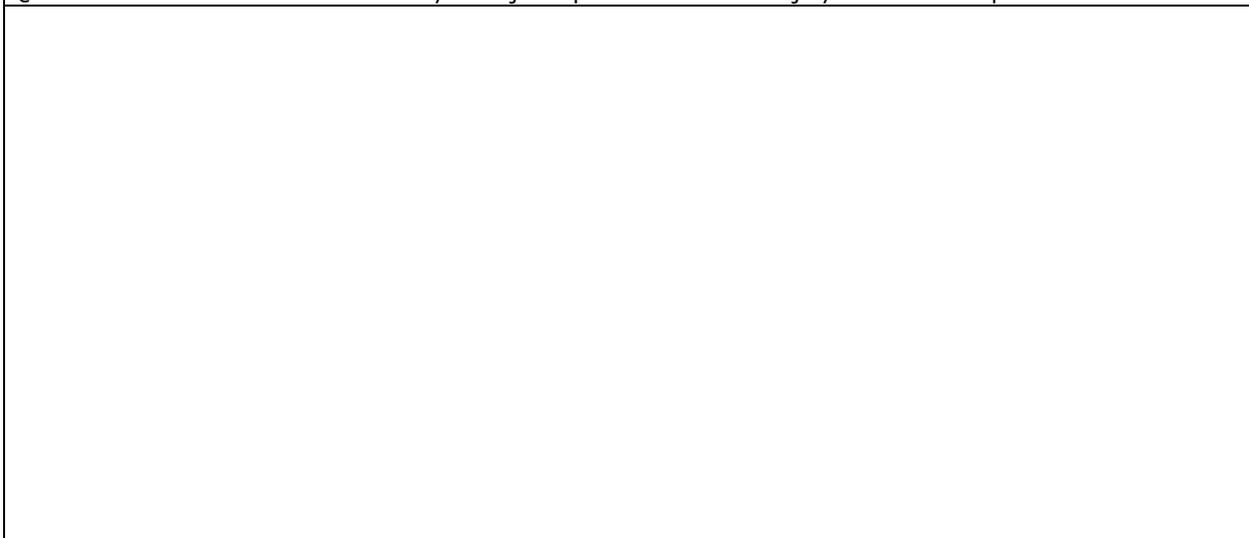
Instrumentos utilizados en la SD

Nombre del alumno(a): _____

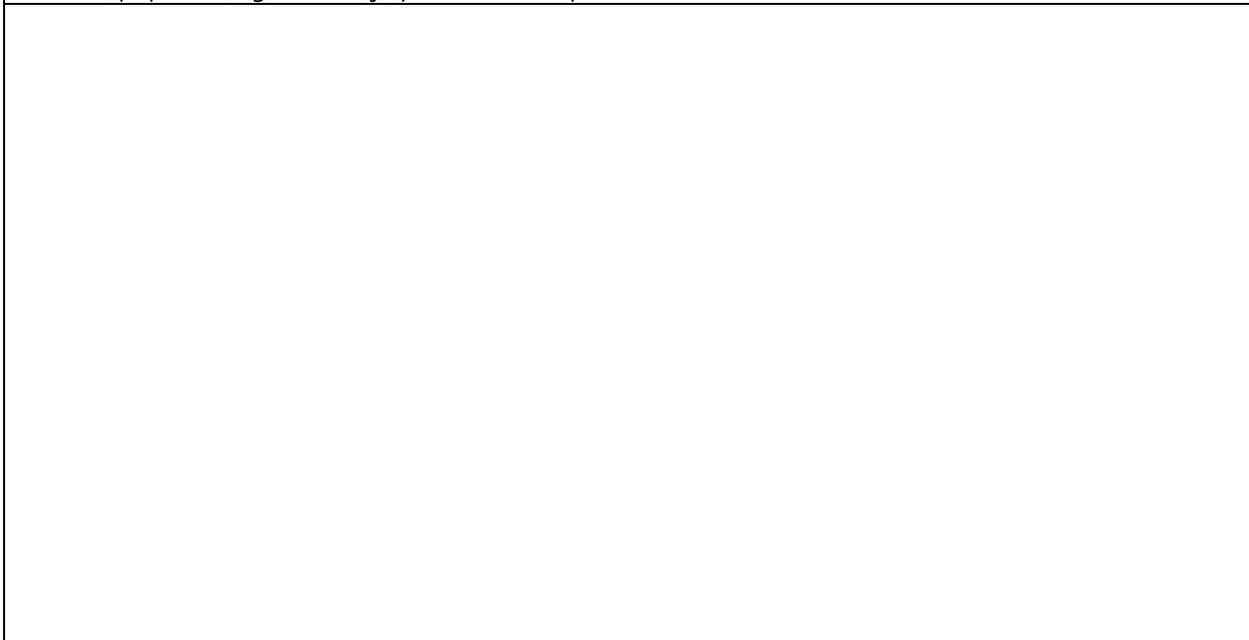
Edad: _____

Grado y Grupo: _____

1. Con el trozo de tela, frota uno de los materiales: globo/cinta celoseda/popote/tubo PVC y acércalo a la pared/virutas de madera/papelitos/agua.
¿Qué sucede entre el trozo de tela y el objeto que frotaste?. Dibuja y escribe tu explicación.



2. ¿Qué sucedió en el objeto que frotaste para que pudiera ser atraído a la pared/virutas de madera/papelitos/agua? Dibuja y escribe tu explicación.



3. ¿Sucedería lo mismo si no frotaras el objeto? ¿Por qué?

--

4. Dibuja y explica qué diferencia hay cuando frotas el objeto y cuando no lo está.

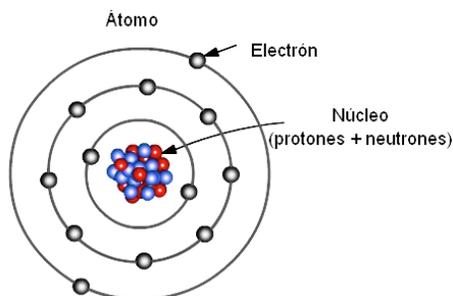
Objeto cuando esta frotado	Objeto cuando NO esta frotado

5. Los ejemplos antes mencionados son fenómenos electrostáticos. Escribe o dibuja algunos otros que tú conozcas.

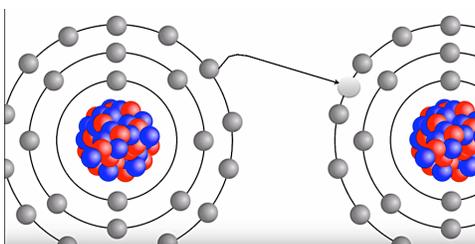
--

La Electroestática

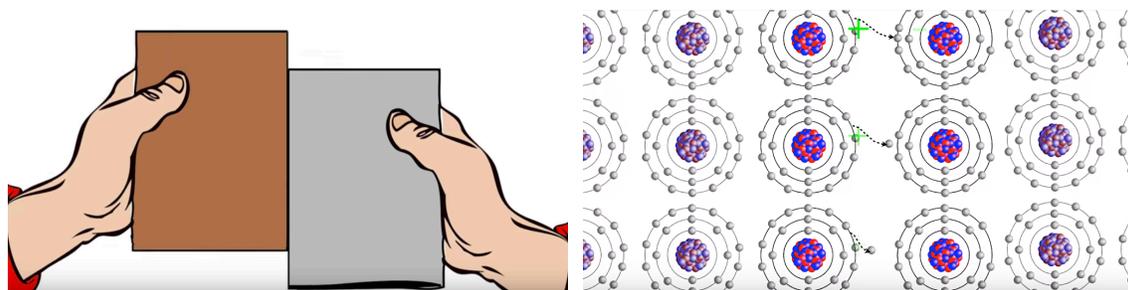
La materia esta formada por átomos. El Físico Niels Bohr desarrolló un modelo que puede explicar más o menos la estructura de los átomos y que en nuestro caso, nos servirá para conocer lo que ocurre con la electrostática o electricidad estática. Los átomos tienen un núcleo compuesto por **neutrones** que no tienen carga eléctrica, y **protones** con carga positiva, y fuera de éste, girando a su alrededor están los **electrones** con carga negativa.



Un átomo tiene normalmente el mismo número de protones que de electrones. Por lo tanto, su carga eléctrica es cero o neutra, es decir, ni positiva ni negativa. En algunas circunstancias, los átomos pueden perder o ganar electrones de su corteza. Cuando los pierden adquieren carga positiva y cuando los ganan su carga es negativa.



La Electroestática es el desequilibrio entre cargas eléctricas en un material, ya que no hay la misma cantidad de cargas positivas que negativas. La Electroestática es de origen triboeléctrico, es decir, cuando se frota algunos materiales aislantes, como por ejemplo, los que están hechos de plástico o madera, sus cargas eléctricas negativas de estos materiales se transfieren a otro cuerpo, por lo que tendrá un exceso de cargas negativas y el otro se quedará con un exceso de cargas positivas.



Nombre del alumno(a): _____ Grado y Grupo: _____

Cuestionario 'La Electrostatica'

1. ¿De qué está formada la materia?

2. Completa la tabla:

Partícula del átomo	Carga eléctrica	Signo que la representa
Neutrones		
	Positiva	
Electrones		

3. Explica qué quiere decir "la carga eléctrica de un átomo es cero".

4. Dibuja un modelo que represente tu respuesta anterior.

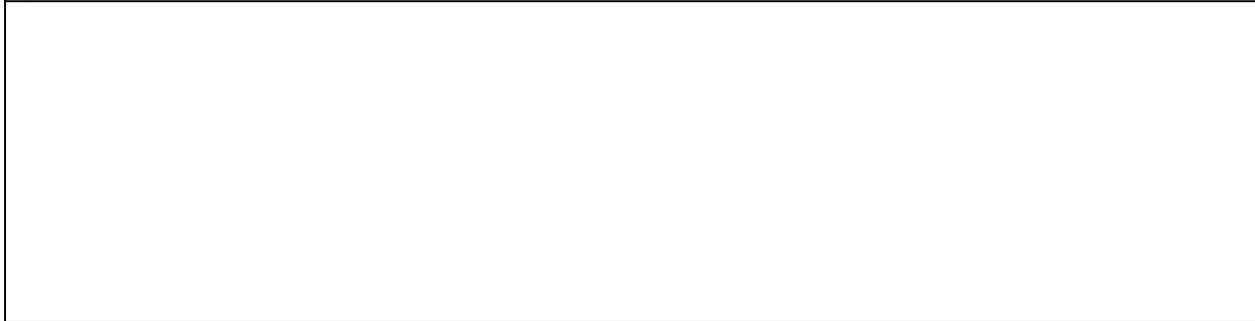
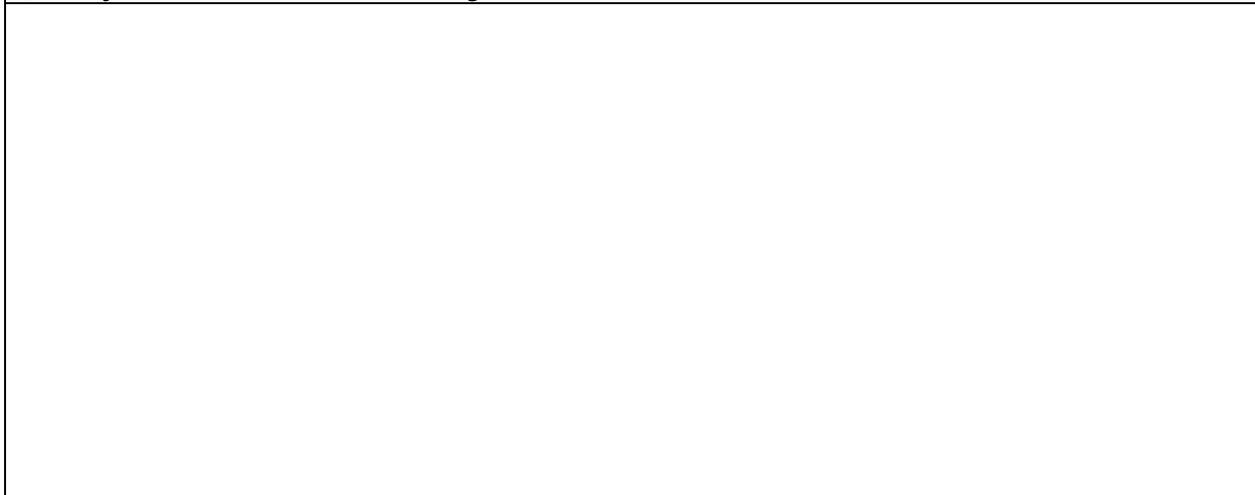
5. ¿Qué nombre reciben los materiales electrostáticos, como la madera o plástico?

Anexo 4

Nombre del alumno(a): _____ Grado y Grupo: _____

		Material o sustancia de la que esta formada	Propiedades electrostáticas que adquieren al frotarlos
Objetos frotados	Popote		
	Tiras de celoseda		
	Globo		
	Tubo de PVC		
Objetos con los que se frotaron	Trozo de tela		
	Cabello		
Objeto con los que se atrajo	Pared		
	Agua		
	Virutas de madera		
	Papelitos		

Nombre del alumno(a): _____ Grado y Grupo: _____

<p>1. Se coloca una figura de papel metálico sobre la mano. ¿Qué carga eléctrica tiene el papel metálico? _____</p>
<p>2. Dibuja un modelo que represente las cargas eléctricas del papel metálico.</p> 
<p>3. Se carga eléctricamente el tubo de PVC, frotándolo con el trozo de tela. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál?</p> 
<p>4. Dibuja un modelo del tubo PVC cargado eléctricamente.</p> 

5. Después, se acerca lentamente el tubo PVC al papel metálico.
¿Qué sucede con las cargas eléctricas del papel metálico conforme acercas el tubo PVC? Dibújalo.

6. Podemos concluir que...

Dos cuerpos con cargas eléctricas diferentes ejercen fuerzas de

Mientras más alejado esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será...

Mientras más cerca esté el objeto cargado eléctricamente de otro que no lo está, su fuerza de atracción será...

Las cargas eléctricas de un cuerpo eléctricamente neutro podrán _____ a otro que está cargado eléctricamente.

Nombre del alumno(a): _____ Grado y Grupo: _____

<p>1. Se coloca un poco de agua jabonosa sobre una hoja de plástico y se dispersa con la mano. 2. Con ayuda del popote, se hace una burbuja sobre el agua jabonosa. ¿Qué carga eléctrica tiene la burbuja? _____</p>
<p>3. Dibuja un modelo que represente esta burbuja con sus cargas eléctricas.</p>
<p>4. Con el trozo de tela se frota el tubo PVC para cargarlo eléctricamente. Después de frotar... ¿Qué carga eléctrica adquiere el tubo de PVC? _____ ¿Qué carga eléctrica adquiere el trozo de tela? _____</p>
<p>5. Dibuja un modelo que represente el tubo PVC y el trozo de tela con sus cargas eléctricas después de frotarlos.</p>
<p>6. Se acerca lentamente el tubo PVC a la burbuja. ¿Qué sucedía con la fuerza entre el tubo de PVC y la burbuja?</p>
<p>7. ¿Qué tipo de fuerzas se ejercen entre el tubo PVC y la burbuja?</p>
<p>8. Haz un dibujo explicando qué sucedió con las cargas eléctricas de la burbuja para que pudiera ser atraída por el tubo PVC.</p>

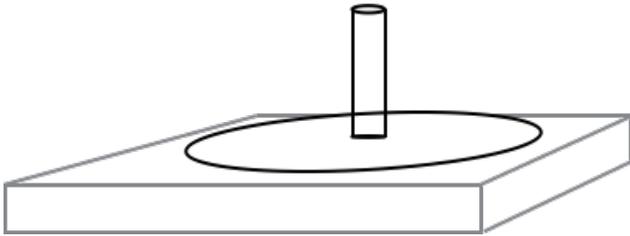
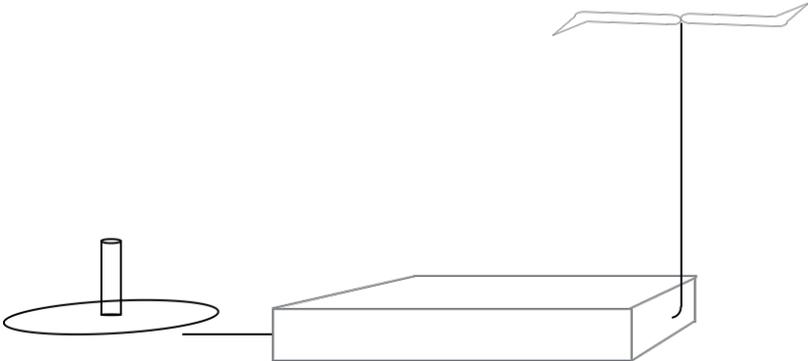
Nombre del alumno(a): _____ Grado y Grupo: _____

1. ¿Qué carga eléctrica tiene la tira de celofán?
2. ¿Cómo podrías cargar eléctricamente la tira de celofán?
3. ¿De qué manera confirmarías que la tira de celofán está cargada eléctricamente?
4. Si esta cargada eléctricamente, ¿Qué tipo de carga eléctrica adquirió?
5. Carga eléctricamente dos tiras de papel celofán. ¿Qué carga eléctrica adquieren cada tira de celofán?
6. Toma cada tira por un extremo y acércalas. ¿Cómo se comportan las dos tiras al acercar una a la otra? ¿Por qué se comportan así? Dibuja y responde a qué se debe esto.
7. Podemos concluir que...
Dos cuerpos con cargas eléctricas iguales ejercen fuerzas de _____

Nombre del alumno(a): _____ Grado y Grupo: _____

1. Se muestra un aro hecho de bolsa de plástico, un trozo de tela y un tubo PVC. ¿Qué carga eléctrica tienen cada uno?		
Carga eléctrica del trozo de plástico: _____	Carga eléctrica del trozo de tela: _____	Carga eléctrica del tubo PVC: _____
2. ¿Cómo podrías cargar eléctricamente el trozo de plástico y el tubo PVC?		
3. Al electrizar estos objetos, ¿Qué tipo de carga eléctrica adquirieron?		
Carga eléctrica que adquiere el trozo de plástico: _____	Carga eléctrica que adquiere el trozo de tela: _____	Carga eléctrica que adquiere el tubo PVC: _____
4. Después de cargarlos eléctricamente, ¿Qué crees que sucederá si se coloca el aro de plástico sobre el tubo?		
5. ¿Cómo se comportan el tubo PVC y el trozo de plástico?		
6. ¿Por qué se comportan así? Dibuja y explica qué sucede entre el tubo PVC y el trozo de plástico.		

Nombre del alumno(a): _____ Grado y Grupo: _____

1. Se tienen los siguientes materiales: un trozo de tela, un trozo de unisel y un dispositivo llamado 'electróforo'. ¿Qué carga eléctrica tienen cada uno?		
Carga eléctrica del trozo de tela: _____	Carga eléctrica del unisel: _____	Carga eléctrica del Electróforo: _____
2. Se frota la base de unisel con el trozo de tela. ¿Qué sucede en cada uno de ellos después de frotarlos? Dibújalo.		
Trozo de tela después de frotar el unisel:	Unisel después de haberlo frotado con la tela:	
3. Se acerca el electróforo al unisel. En el siguiente esquema explica qué sucede cuando se acerca el 'electróforo' al unisel.		
		
4. Después se acerca el electróforo al 'molino electrostático'. ¿Qué sucedió?		
5. Explica qué sucede cuando se acerca el 'electróforo' al 'molino electrostático'.		
		

Nombre del alumno(a): _____ Grado y Grupo: _____

1. Se tienen un trozo de tela y un tubo PVC.	
¿Qué carga eléctrica tiene el trozo de tela? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.	¿Qué carga eléctrica tiene el tubo PVC? Dibuja un modelo que represente tu respuesta.
2. Frota el tubo PVC con la tela. ¿Qué sucede con el tubo al frotarlo con la tela? Realiza un dibujo de lo que sucede entre el tubo PVC y el trozo de tela después de haberse frotado.	
3. "Electroscopio". Acerca el tubo PVC al alambre de cobre. ¿Qué sucede con las laminillas de aluminio?	
4. Dibuja un modelo donde representes qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el tubo al acercarlo al alambre y por qué se comportaron de esa manera las laminillas.	

5. ¿Qué tipo de fuerzas observaste entre las laminillas de aluminio?

--

6. ¿Tendrá el mismo efecto frotar con menor o mayor intensidad el tubo PVC? ¿Hay alguna diferencia? ¿Cuál?

--

7. Frota el tubo PVC con el trozo de tela y acércalo al alambre de cobre. Después de observar lo que sucede con las laminillas de aluminio, toca con tus dedos el alambre.
¿Que sucedió con las laminillas? .

--

8. Explica por qué se comportaron de esa manera las laminillas.

--

Nombre del alumno(a): _____ Grado y Grupo: _____

1. ¿Qué diferencia hay entre un globo electrizado y uno que no lo esta?

2. Dibuja la diferencia que hay en entre un globo electrizado y uno que no lo esta.

Globo electrizado	Globo que no esta electrizado

3. Se frota una regla de plástico con el trozo de tela.

¿Qué sucede entre el trozo de tela y la regla después de haberse frotado?

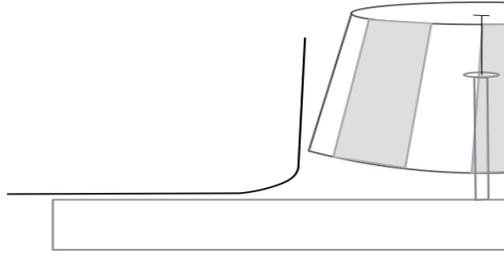
4. Haz un dibujo de lo que sucedió en cada objeto después de frotarlos.

Trozo de tela	Regla de plástico

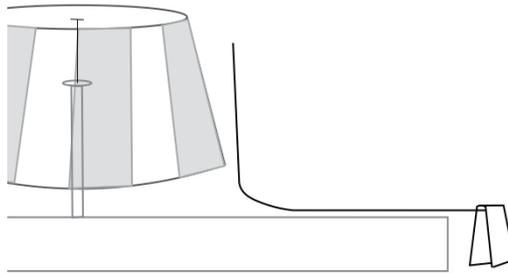
5. Se muestra un dispositivo formado por una base de unisel, alambre de cobre, vaso de plástico y papel aluminio. Se electriza un objeto y se acerca al alambre de cobre. ¿Qué sucedió?

6. ¿Qué sucede con las cargas eléctricas que adquirió el objeto electrizado cuando se acerca al alambre?

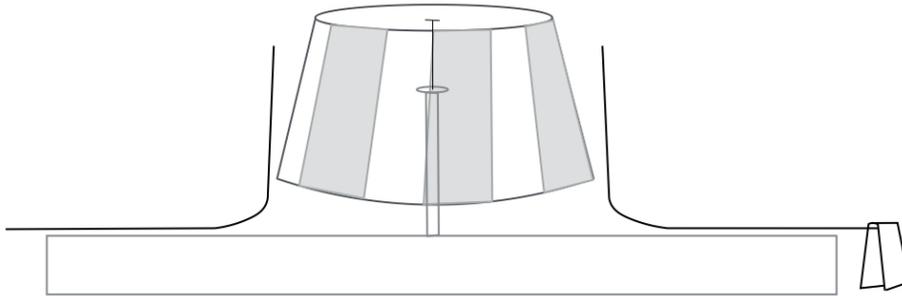
7. En el siguiente esquema señala el comportamiento de las cargas eléctricas al acercar el objeto electrizado.



8. ¿Qué carga eléctrica tiene el papel aluminio que esta sobre el alambre de cobre? Señálalo en el siguiente esquema.



9. ¿Qué tipo de fuerzas hay en el dispositivo?. Señálalo en el esquema.



10. ¿Cómo debería de frotarse un objeto para que se cargue eléctricamente? Explica tu respuesta.

11. ¿Cuál debería de ser la distancia entre un objeto electrizado para que pueda atraer o repeler a otro?
¿Por qué?

Modelos que mostraron los 28 estudiantes al inicio de la Secuencia Didáctica (MEI)

Estudiante	Entidades	Propiedades	Relaciones/ Reglas de inferencia	Inferencias Generalizadas
1	Globo (dibuja líneas en y alrededor del globo).	<i>Hace fricción, tiene energía</i>	Si no se frota el globo, entonces <i>no tiene energía</i> [eléctrica] y no se atrae a la pared. Si se frota el globo, entonces <i>se carga de energía eléctrica y se pega en la pared.</i>	
2	Tubo PVC (dibuja líneas en el tubo) Paño de lana	<i>Hace electricidad</i>	Si no se frota el tubo PVC con el paño de lana, entonces el tubo <i>no haría electricidad</i> y no atrae al agua.	
3	Globo (dibuja líneas en el globo)	<i>Hace fricción con la tela y se carga de electricidad</i> <i>Se carga con energía electrostática.</i>	Si no frota el globo en tu cabello, entonces <i>no hay nada de fricción.</i> <i>Si frota el globo en tu cabello, entonces produces fricción eléctrica.</i>	
4	Tubo PVC Paño de lana Aserrín	El tubo PVC <i>atrae al aserrín.</i>	Si se frota el paño de lana con el tubo, entonces hay <i>electricidad y atrae al aserrín.</i> Si no se frota el tubo PVC, entonces <i>no produce electricidad</i> y no atrae al aserrín.	
5	Tubo PVC Paño de lana Agua	El tubo PVC <i>tiene electricidad. Puede atraer objetos.</i>	Si se frota la tela con el tubo, entonces <i>se produce fricción o electricidad</i> y puede atraer el otro objeto. Si no se frota el tubo, entonces <i>no tiene electricidad y no se puede atraer el otro objeto.</i>	
6	Cinta Pared	La cinta <i>se pega a la pared con electricidad.</i>	Si se frota la cinta con el trapo, entonces <i>se pega a la pared con la electricidad.</i> (Dibuja la cinta sin la pared y escribe 'sin electricidad') Si no se frota la cinta, entonces <i>no tiene fricción y electricidad</i> y no se pega a la pared. (Dibuja la cinta atraída a la pared y escribe 'con electricidad').	

7	Tubo PVC Paño de lana (dibuja 'estrellas' en el paño) Agua	El tubo <i>genera energía</i> .	Si no se frota el tubo, entonces <i>no hay fricción o energía</i> para atraer al agua. Si <i>hay fricción</i> en el tubo, entonces se <i>genera energía</i> para atraer al agua. (dibuja líneas alrededor del tubo) Si no se frota el tubo, entonces <i>no sucede nada</i> . (desaparecen las líneas alrededor del tubo).	
8	Cinta Pared	La cinta <i>atrae electricidad</i> . <i>Se pega en la pared</i> .	Si no se frota la cinta, entonces <i>no tiene fricción y electricidad</i> para atraerse a la pared.	
9	Tubo PVC Paño de lana Agua	El tubo PVC tiene <i>electricidad o es caliente</i> .	Si se <i>frota el tubo con el trapo</i> , entonces <i>salió el agua</i> . (Dibuja el tubo atrayendo el agua y escribe ' <i>tiene electricidad</i> '). Si se <i>frota el tubo</i> , entonces tiene <i>electricidad o fricción</i> . (Dibuja el tubo sin atraer el agua y escribe ' <i>no hay electricidad</i> ').	
10	Tubo PVC Paño de lana Trozos de papel	El tubo PVC atrae a los trozos de papel (dibuja flechas que ' <i>atraen</i> ' a los trozos de papel).	Si no se frota el tubo, entonces <i>no genera energía magnética y no atrae los trozos de papel</i> . Si se frota el tubo, entonces <i>parcialmente pasa nada, pero se genera un campo magnético</i> que atrae los trozos de papel. Si no se frota el tubo, entonces <i>no sucede nada</i> .	
11	Popote Pared	El popote <i>se pega en cualquier lado</i> . <i>Obtiene una atracción</i> .	Si se frota el popote, entonces <i>genera electricidad para poder pegarse a la pared</i> . Si se frota el popote, entonces <i>obtiene una energía para poder pegarse a la pared, como una atracción</i> . Si se frota el popote entonces <i>se pega a la pared porque libera una propiedad de atracción</i> . Si no se frota el popote, entonces <i>no libera la propiedad de atracción</i> .	

12	Cinta Paño de lana Pared	La cinta <i>produce energía estática y electricidad. Se pega a la pared.</i>	Si no se frota la cinta, entonces <i>no produce energía y no se pega a la pared.</i> Si se frota la cinta, entonces <i>hay fricción y si lo acercas a la pared se pega.</i>	
13	Tubo PVC Paño de lana Agua	El tubo <i>jala el agua.</i> Tiene electricidad o calor.	Si se frota el tubo, entonces <i>atrae algo caliente o el globo electricidad.</i> Si se frota el tubo, entonces <i>tiene electricidad.</i> (dibuja líneas alrededor del tubo y atrayendo el agua) Si no se frota el tubo, entonces <i>no tiene electricidad</i> (dibuja el tubo sin atraer el agua).	
14	Paño de lana Tubo PVC (dibuja líneas entre el tubo y los trozos de papel) Trozos de papel	El tubo PVC <i>atrae más energía.</i>	Si no se frota el tubo, entonces <i>no haría la misma energía.</i> (dibuja varias líneas entre el tubo y los trozos de papel) Si no se frota el tubo, entonces <i>no genera la suficiente energía para atraer a los papelitos.</i> (dibuja pocas líneas entre el tubo y los trozos de papel)	
15	Tubo PVC (dibuja líneas entre el tubo y los trozos de papel) Paño de lana Trozos de papel	El tubo PVC <i>hace fricción y después se atrae con el agua.</i>	Si <i>hace fricción</i> , entonces <i>los objetos se atraen.</i> (dibuja una fecha indicando que los papeles se dirigen al tubo) Si <i>no se frota el tubo</i> , entonces <i>no se atraen los objetos.</i> (dibuja una flecha que indica que los trozos de papel se alejan del tubo)	
16	Tubo PVC Paño de lana Agua	El tubo PVC <i>hace fricción</i> (dibuja flechas indicando la frotación del paño de lana con el tubo). <i>Al agua la atrae.</i>	Si <i>hace fricción</i> , entonces <i>cuando lo acercamos al agua la atrae.</i> Si <i>no se frota el tubo</i> , entonces <i>no hace fricción y no atrae el agua.</i>	
17	Tubo PVC Paño de lana Trozos de papel	El tubo <i>atrae al aserrín.</i> <i>El trapo suelta electricidad.</i>	Si se frota el trapo contra el tubo PVC, entonces <i>atrae al aserrín.</i> Si se frota el trapo con el tubo, entonces <i>sucede, tiene electricidad.</i> Si se frota el tubo con el trapo, entonces <i>el trapo suelta electricidad al tubo.</i>	

18	Tubo PVC Paño de lana Agua	En el Tubo PVC salen ‘estrellas’ (dibuja ‘estrellas’ en el paño).	Si <i>no se frota el tubo</i> entonces <i>no hay energía</i> y no atrae al agua. (dibuja líneas alrededor del tubo)	
19	Popote Pared	En el popote <i>se genera electricidad, magnetismo, generalmente en el cuerpo del popote</i> (dibuja líneas alrededor del popote).	Si <i>se frota el popote</i> , entonces <i>se genera un poco de electricidad para que genere un campo de magnetismo</i> para atraerse a la pared. Si <i>no se frota el popote</i> , entonces <i>no sería la misma fuerza de magnitud en el objeto</i> para atraerse a la pared.	
20	Popote Pared	El popote <i>genera electricidad. Se pegó temporalmente</i> a la pared (dibuja líneas alrededor del popote).	Si <i>se frota el popote</i> , entonces <i>se unió con la fricción y al juntarlo se pega temporalmente</i> a la pared. Si <i>no se frota el popote</i> , entonces <i>no hay fricción</i> y no se atrae a la pared.	
21	Paño de lana Tubo PVC Agua	En el tubo PVC salen ‘estrellas’ al frotarlo con el paño de lana (dibuja ‘estrellas’ que salen del tubo al frotarlo con el paño de lana).	Si <i>no se frota el tubo</i> , entonces <i>no hay fricción o energía</i> . Si <i>se frota el tubo</i> , entonces hay fricción o energía y <i>atrae al agua</i> .	
22	Globo (dibuja líneas alrededor del globo) Paño de lana Pared	El globo <i>se carga de energía eléctrica</i> .	Si <i>se frota el globo</i> , entonces <i>hubo fricción, se carga</i> (dibuja líneas alrededor del globo) y se atrae a la pared.	
23	Paño de lana Cinta Pared	La cinta <i>atrae la electricidad</i> .	Si <i>se frota la cinta</i> , entonces <i>tiene electricidad y por eso se pega a la pared</i> . (dibuja las tiras se separadas y con líneas alrededor de las mismas). Si <i>no se frota la cinta</i> , entonces <i>no tiene electricidad ni fricción</i> . (dibuja las tiras unidas)	
24	Paño de lana Tubo PVC Agua	(Dibuja el tubo atrayendo el agua)	Si <i>no se frota el tubo</i> entonces <i>no hay energía</i> (Dibuja el tubo sin atraer el agua) y no atrae al agua.	
25	Cinta Pared	En la cinta <i>se hizo energía estática</i> (dibuja líneas entre la cinta y la pared).	Si <i>no se frota la cinta</i> , entonces <i>no se haría fricción y no habría electricidad estática</i> y no se atrae a la pared. Dibuja la cinta frotada con las tiras separadas. Dibuja la cinta sin frotar con las tiras unidas.	

26	Cinta Pared	La cinta <i>se pega en la pared. Produce electricidad.</i>	Si <i>no se frota</i> la cinta, entonces <i>no se produce electricidad.</i>	
27	Cinta Pared	La cinta <i>se adhirió a la pared</i>	Si <i>no se frota</i> la cinta, entonces <i>es necesario ese material</i> para que se adhiera.	
28	Globo	El globo <i>se carga de energía eléctrica.</i>	Si <i>se hace fricción</i> , entonces <i>se pegan</i> el globo y la pared (dibuja líneas alrededor del globo). Si <i>no se frota</i> el globo, entonces <i>no tiene energía.</i>	

Modelos que los 37 Estudiantes lograron construir al finalizar la SD (MCEL)

Estudiante	Entidades	Propiedades	Relaciones/ Reglas de Inferencia	Inferencias Generalizadas
1	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo de PVC con '+' y '-'.	Si el tubo se acerca al alambre de cobre, entonces <i>las cargas eléctricas hacen que se separen</i> las laminillas de aluminio.	Si el tubo se frota con mayor intensidad, entonces <i>se carga con más energía</i> .
2	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo de PVC con '+' y '-'.	Si el tubo se acerca al alambre de cobre, entonces las laminillas de aluminio <i>se separan</i> .	
3	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe 'neutra'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.	Dibuja el tubo PVC con una flecha indicando que se acerca al alambre de cobre.	Si al tubo <i>le haces más fuerte</i> , entonces <i>se carga más rápido</i> .
			Si las laminillas tienen la misma carga, entonces <i>se separan</i> (fuerzas de repulsión).	
4	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-' y escribe 'el tubo tiene carga negativa'	Si <i>el tubo tiene carga negativa</i> , se acerca al alambre de cobre, entonces <i>pasan cargas negativas del tubo al alambre</i> y las laminillas <i>se paran</i> .	Si el tubo se frota con menor intensidad, entonces <i>tiene menos fuerza</i> .
			Si las laminillas <i>se paran</i> , entonces hay fuerzas de repulsión.	

5	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe 'neutra'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces las laminillas <i>se separan</i> .	Si el tubo se frota con mayor intensidad, entonces <i>tendrá más cargas</i> .
			Si las laminillas tienen <i>cargas negativas</i> , entonces <i>se separan</i> (fuerzas de <i>repulsión</i>).	
6	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe 'Neutra'.		
		Dibuja el paño de lana con mayor número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el tubo PVC con mayor número de '-' que de '+'.	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces pasan las cargas negativas por el alambre.	Si el tubo <i>se frota más</i> , entonces <i>tiene más carga</i> . Si el tubo <i>se frota menos</i> , entonces <i>tiene menor carga</i> .
		Dibuja las laminillas de aluminio con '-'.	Si las laminillas <i>tienen cargas eléctricas iguales</i> , entonces las laminillas <i>se separan</i> .	
7	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el paño de lana con '+' y señala con flechas hacia el tubo PVC.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.		
			Si las laminillas tienen <i>cargas eléctricas iguales</i> , entonces <i>se separan, se repelen</i> .	

8	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana con '+'. Dibuja el tubo PVC y escribe 'Neutra'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'. Dibuja el tubo PVC con '-'.	Si el tubo tiene '+' y '-', se acerca al alambre de cobre, entonces las laminillas <i>se separan</i> .	
9	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe 'Neutra'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'. Dibuja el tubo PVC con '-'.	Si el tubo <i>tiene cargas eléctricas</i> , se acerca al alambre de cobre, entonces pasan las laminillas <i>se separan</i> .	Si el tubo <i>se frota</i> , entonces <i>tiene menor fuerza</i> .
		Dibuja las laminillas de aluminio con '-'.	Si las laminillas <i>tienen cargas negativas</i> , entonces las laminillas <i>se separan</i> (fuerzas de <i>repulsión</i>).	
10	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe 'Neutra'.		
		Dibuja el paño de lana con mayor número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el tubo PVC con mayor número de '-' que de '+'.	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces las laminillas <i>se separan</i> .	Si el tubo se frota <i>con mayor intensidad</i> , entonces <i>se carga más rápido</i> .
			Si las laminillas <i>tienen cargas negativas</i> , entonces <i>se repelen</i> .	
11	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el paño de lana con '-'.		
		Dibuja el tubo PVC con '+'.	Si el tubo tiene '+' y '-', se acerca al alambre de cobre, entonces <i>el aluminio se mueve</i> .	Si el tubo se frota con menor intensidad, entonces <i>tiene menor fuerza</i> .
		Dibuja las laminillas de aluminio con '+'.	Si las laminillas <i>se separan (repulsión)</i> , entonces <i>es por la carga que recibieron</i> .	

12	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el paño de lana con un '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con un '-'.	Si el tubo tiene '+' y '-', se acerca al alambre de cobre, entonces <i>las cargas eléctricas hacen que se separen las láminas.</i>	
			Si <i>las laminillas se separan</i> , entonces <i>es por la fuerza que tienen.</i>	
13	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el tubo PVC y paño de lana con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el tubo PVC y paño de lana con igual número de '+' que de '-'.		Si el tubo se frota <i>con más fuerza</i> , entonces <i>se carga más.</i> Si el tubo se frota <i>con menos fuerza</i> <i>no se carga tanto.</i>
			Si <i>las laminillas tienen cargas iguales</i> , entonces <i>se separan.</i>	
14	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.	Si el tubo está electrizado (dibuja líneas que 'salen' del tubo hacia el alambre y pasan por el alambre hasta llegar a las laminillas de aluminio), se acerca al alambre de cobre, entonces <i>las laminillas se separan.</i>	Si el tubo <i>se frota rápido</i> , entonces <i>carga más.</i>
		Dibuja las laminillas de aluminio con líneas entre ellas.		
15	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe 'Neutra'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.	Si el tubo <i>tiene cargas (-)</i> , se acerca al alambre de cobre, entonces <i>las laminillas se separan.</i>	Si el tubo se frota con <i>mayor intensidad</i> , entonces <i>se carga con mayor fuerza.</i>
			Si <i>las laminillas se separan</i> , entonces hay fuerzas de <i>repulsión.</i>	

16	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que '-' y escribe 'Neutra'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.	Si el tubo PVC se frota con el paño de lana, entonces el tubo <i>se carga negativamente</i> . Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces pasan a las laminillas <i>se separan</i> . Dibuja líneas alrededor del alambre hasta llegar a las laminillas de aluminio).	Si el tubo <i>se frota más rápido</i> , entonces <i>se carga con mayor intensidad</i> . Si el tubo <i>se frota menos rápido</i> , entonces <i>se carga con menor intensidad</i> .
		Dibuja las laminillas de aluminio con '-' y líneas alrededor de ellas.	Si las laminillas tienen '-', entonces <i>se separan</i> (fuerzas de <i>repulsión</i>).	
17	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe 'Neutra'.		
		Dibuja el paño de lana con mayor número de '+' que de '-'.	Si el paño de lana se frota con el tubo, entonces el paño <i>'se carga eléctricamente'</i> .	
		Dibuja el tubo PVC con mayor número de '-' que de '+'.	Si el tubo se frota con el paño de lana, entonces el tubo <i>'se carga eléctricamente'</i> .	Si el tubo <i>se frota suave</i> , entonces <i>es menor carga</i> . Si el tubo <i>se frota con mayor intensidad</i> , entonces <i>es mayor la carga</i> .
			Si las laminillas tienen <i>cargas negativas</i> , entonces <i>se separan, se repelen</i> (fuerzas de <i>repulsión</i>).	

18	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana con '+' y el tubo PVC con '-'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces las laminillas de aluminio <i>se separan</i> .	Si el tubo <i>se frota tanto</i> , entonces <i>carga bien</i> . Si el tubo <i>se carga con más fuerza</i> , entonces <i>es más fácil que se separen las laminillas</i> .
		Dibuja las laminillas de aluminio con '+'.	Si las laminillas <i>tienen las mismas cargas que adquieren</i> , entonces <i>se separan</i> (fuerzas de repulsión).	
19	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe 'neutra'.		
		Dibuja líneas entre el paño y el tubo.	Dibuja líneas alrededor del tubo y escribe 'Electricidad de carga eléctrica'.	
			Si las laminillas tienen <i>carga eléctrica</i> , entonces <i>se mueven, se quedan separadas</i> (fuerzas de repulsión).	
20	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-', y escribe 'neutra'.		
		Dibuja el paño de lana con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el tubo PVC con igual número de '+' que de '-'.	Si el tubo tiene '+', se acerca al alambre de cobre, entonces las laminillas <i>se separan</i> (fuerzas de repulsión).	

21	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe 'Neutra'.		
		Dibuja el paño de lana con mayor número de '-' que de '+'.	Si el paño de lana se frota con el tubo PVC, entonces ambos se <i>carga negativamente</i> .	
		Dibuja el tubo PVC con mayor número de '-' que de '+'.	Si el tubo PVC se frota con el paño de lana, entonces se <i>carga negativamente</i> . Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces <i>las laminillas se separan</i> .	Si el tubo se frota <i>lento</i> , entonces <i>no carga bien</i> . Si el tubo se <i>carga con más fuerza</i> , entonces <i>es más fácil que se separen las laminillas</i> .
			Si las laminillas <i>adquieren energía</i> , entonces <i>se separan (fuerzas de repulsión)</i> .	
22	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe 'Neutra'.		
		Dibuja el paño de lana con mayor número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el tubo PVC con mayor número de '-' que de '+'.	Si se acerca el tubo PVC al alambre, entonces <i>se abren las laminas (fuerzas de repulsión)</i> .	Si el tubo se frota con mayor intensidad, entonces <i>se carga más</i> .
23	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces los '-' pasan por el alambre.	Si el tubo se frota con menor intensidad, entonces <i>carga menos</i> . Si el tubo se frota con mayor intensidad, entonces <i>carga más</i> .
		Dibuja las laminillas con '+' y con '-'.	Si las laminillas <i>tienen cargas eléctricas negativas</i> , entonces <i>se separan (fuerza negativa-repulsión)</i> .	

24	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana con '+'. 		
		Dibuja el tubo PVC con '-'. 		
		Dibuja el paño de lana frotando al tubo PVC, y éste con '+'. Dibuja el tubo PVC con '-' acercándose al alambre de cobre.	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces las laminillas <i>se separan</i> .	
			Si las laminillas tienen <i>la misma carga eléctrica</i> , entonces <i>se separan, se repelen</i> .	
25	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana con '+' y el tubo PVC con '-'.		
		Dibuja el paño de lana con igual número de '+' que de '-'.	Si se acerca el tubo PVC al alambre, entonces <i>se separan las laminillas</i> .	Si el tubo se frota con mayor intensidad, entonces <i>se carga con más energía</i> .
26	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces los '-' pasan por el alambre.	Si el tubo se frota despacio, entonces no carga mucho.
		Dibuja las laminillas de aluminio con '-'.	Si las laminillas tienen '-', entonces <i>se separan (fuerzas de repulsión)</i> .	
27	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana con igual número de '+' que de '-' y el tubo PVC con '-'.		
		Dibuja el paño de lana con un '(+)'. 		
		Dibuja el tubo PVC con un '(-)'. 	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces las laminillas <i>se separan</i> .	Si el tubo se frota con menor o mayor intensidad, entonces <i>la carga no sería la misma</i> .
			Si las laminillas son de <i>diferentes cargas</i> , entonces <i>se separan</i> .	

28	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con '-'.		
		Dibuja el tubo PVC con '+'.	Si el tubo tiene '+', se acerca al alambre de cobre, entonces las laminillas <i>se separan</i> .	
			Si las laminillas <i>tienen cargas eléctricas</i> , entonces <i>hacen que se separen</i> .	
29	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe ' <i>neutra</i> '.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces las cargas pasan por el alambre (dibuja el tubo PVC con '-' acercándose al alambre de cobre con '-').	Si el tubo se frota con mayor intensidad, entonces <i>se carga más rápido</i> .
			Si las laminillas <i>contienen cierto tipo de carga</i> , entonces <i>se separan</i> (fuerzas de <i>repulsión</i>).	
30	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el paño de lana con '-'.		
		Dibuja el tubo PVC con mayor número de '-' que de '+'.	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces <i>el aluminio se mueve</i> .	Si el tubo se frota con menor intensidad, entonces <i>tienen menor fuerza</i> .
			Si las laminillas <i>tienen carga igual negativa</i> , entonces <i>se repelen</i> (fuerzas de <i>repulsión</i>).	
31	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe ' <i>Neutra</i> '.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces las laminillas <i>se separan</i> .	Si el tubo se frota con mayor intensidad, entonces <i>hay mejor carga</i> .
		Dibuja las laminillas con '+' y con '-'.	Si las laminillas <i>tienen la misma carga eléctrica</i> , entonces <i>se repelen</i> .	

32	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana con '+' y escribe ' <i>Carga Neutra</i> ' y el tubo PVC con '-'		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'	Si se acerca el tubo con '-' al alambre, entonces las laminillas <i>se separan</i> (fuerzas de <i>repulsión</i>).	Si el tubo se frota con mayor intensidad, entonces las laminillas <i>se separan más fuerte</i> .
33	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe ' <i>Neutra</i> '.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'	Si el tubo, se acerca al alambre de cobre, entonces las cargas pasan por el alambre (Dibuja el tubo PVC acercándose al alambre de cobre y dibuja '+' y '-' alrededor del alambre). Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces las laminillas <i>se abren por la carga</i> .	Si el tubo <i>se frota rápido</i> , entonces <i>carga más</i> .
			Si las laminillas <i>se separan</i> , entonces presentan <i>repulsión</i> .	
34	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-' y escribe ' <i>Neutra</i> '.		
		Dibuja el paño de lana con mayor número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el tubo PVC con mayor número de '-' que de '+'.	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces las cargas pasan por el alambre (Dibuja el tubo PVC acercándose al alambre de cobre y dibuja '-' alrededor del alambre).	Si el tubo se frota con diferente intensidad, entonces <i>no recibe la misma carga</i> .
			Si las laminillas <i>tienen cargas eléctricas negativas</i> , entonces <i>se separan</i> (fuerzas de <i>repulsión</i>).	

35	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el tubo PVC con mayor número de '-' que de '+'.	Si el tubo tiene '-', se acerca al alambre de cobre, entonces las cargas pasan por el alambre (Dibuja el tubo PVC acercándose al alambre de cobre y dibuja '+' alrededor del alambre).	Si el tubo <i>se frota rápido</i> , entonces <i>la carga es mayor</i> . Si el tubo <i>se frota lento</i> , entonces <i>es menor la carga</i> .
		Dibuja las laminillas de aluminio con '+'.	Si las laminillas tienen '+', entonces <i>se separan y una de ellas se pegó al vidrio (fuerzas de repulsión)</i> .	
36	Paño de lana Tubo PVC (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.		Si el tubo se frota con mayor o menor intensidad, entonces <i>no hay ninguna diferencia</i> .
			Si las laminillas tienen <i>cargas electrostáticas</i> , entonces <i>se empiezan a mover las dos tiras de papel aluminio y se separan</i> .	
37	Paño de lana Tubo PVC Laminillas de aluminio (Se pueden cargar eléctricamente)	Dibuja el paño de lana y tubo PVC con igual número de '+' que de '-'.		
		Dibuja el paño de lana con '+'.		
		Dibuja el tubo PVC con '-'.	Si el tubo PVC <i>se frota</i> con el paño de lana, entonces <i>hacen cargas eléctricas</i> . Si el tubo <i>tiene cargas eléctricas</i> , cuando se <i>acerca al alambre de cobre</i> , entonces <i>las laminillas se separan (tiene fuerza)</i> .	Si el tubo <i>se frota suave</i> , entonces <i>se carga menos</i> . Si el tubo <i>se frota duro</i> , entonces <i>carga más</i> .
		Dibuja las laminillas de aluminio con '+'.	Si las laminillas tienen '+', entonces <i>se separan los aluminios</i> .	